

UNIVERSIDAD PERUANA UNION

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Influencia del uso del nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca – 2018

Por:

Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani

Asesor:

Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

Juliaca, julio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

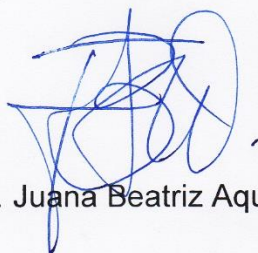
Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Influencia del uso del nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca – 2018” constituye la memoria que presenta la bachiller Ibeth Yuli Larico Mamani para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los veintitrés días del mes de julio del año dos mil diecinueve.



Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

Influencia del uso del nanosílice en la resistencia a la compresión del
concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de
Juliaca – 2018

TESIS

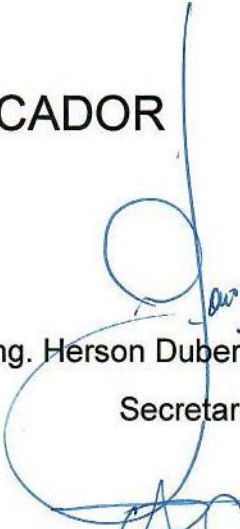
Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



Ing. Ecler Mamani Chambi

Presidente



Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Secretario



Ing. Willian Apaza Perez

Vocal



Ing. Juana Beatriz Aquise Pari

Asesora

Juliaca, 23 de julio de 2019

Dedicatoria

A Dios, por guiar mis pasos en el camino emprendido y demostrarme que, con humildad, esmero y sobre todo paciencia se logran los objetivos que uno se traza.

A mis padres Eliseo Larico Pomari y Augusta Mamani Condori, por todo el apoyo y esfuerzo que realizaron para que pueda alcanzar una de mis metas trazadas desde el inicio de mi vida universitaria.

A mis hermanas Yudith, Edith, Yaneth, Ivone, por su apoyo incondicional y motivación para no desmayar en el camino hacia el cumplimiento de mis metas.

A mis amigos, con quienes compartí momentos llenos de risas, tristezas, preocupaciones y conocimientos.

Agradecimiento

A la Universidad Peruana Unión, por abrirme las puertas hacia sus cálidas aulas, permitiéndome tener una educación de calidad desde el primer día del inicio de esta meta trazada, basada en valores cristianos.

A mi asesor de tesis Ing. Juana Beatriz Aquise Pari, por su paciencia, sus instrucciones, observaciones y sugerencias con el propósito obtener los mejores resultados del presente trabajo de investigación.

Índice general

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
SÍMBOLOS USADOS	XX
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXII
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	23
1.1. Planteamiento del problema	23
1.2. Interrogantes de la investigación.....	24
1.2.1. Problema general	24
1.2.2. Problemas específicos.....	24
1.3. Objetivos de la investigación	25
1.3.1. Objetivo general.....	25
1.3.2. Objetivos específicos	25
1.4. Justificación.....	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes	27
2.2. Marco conceptual	29
2.2.1. El concreto	29
2.2.1.1. Componentes del concreto	29
2.2.1.1.1. Cemento:	30
2.2.1.1.2. Agregados	31

2.2.1.1.3. Agua.....	32
2.2.1.2. Propiedades del concreto fresco	35
2.2.1.2.1. Trabajabilidad	35
2.2.1.2.2. Segregación.....	35
2.2.1.2.3. Exudación	36
2.2.1.2.4. Contracción.....	37
2.2.1.3. Propiedades del concreto endurecido	37
2.2.1.3.1. Elasticidad.....	37
2.2.1.3.2. Resistencia	38
2.2.1.3.3. Extensibilidad	39
2.2.1.3.4. Durabilidad	39
2.2.1.4. Diseño de Mezcla	39
2.2.2. El curado	40
2.2.2.1. Influencia del curado en las propiedades mecánicas y la durabilidad.....	41
2.2.2.2. Influencia de la temperatura, humedad y velocidad del viento	42
2.2.2.3. Tipos de curado	45
2.2.4.1.1. Curado con agua	46
2.2.4.1.2. Curado con membrana	49
2.3. La nanotecnología.....	51
2.3.1. La nanotecnología en la construcción.....	52
2.4. El nanosílice	53
2.5. Normas utilizadas.....	56
2.5.1. Granulometría	56
2.5.2. Módulo de fineza	56
2.5.3. Contenido de humedad	57

2.5.4. Peso específico y absorción	57
2.5.5. Peso unitario suelto	57
2.5.6. Peso unitario compactado	58
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	59
3.1. Tipo de la investigación	59
3.2. Diseño de la investigación	59
3.3. Enfoque de la investigación	59
3.4. Formulación de la hipótesis	59
3.4.1. Hipótesis general	59
3.4.2. Hipótesis específica	60
3.5. Variables y su operacionalización.....	60
3.5.1. Variable independiente	60
3.5.2. Variable dependiente	60
3.5.3. Operacionalización de Variables	60
3.6. Muestra de estudio	61
3.7. Materiales y caracterización de materiales	63
3.7.1. Cemento	63
3.7.2. Agregado grueso	64
3.7.3. Agregado fino	67
3.7.4. Agua.....	69
3.7.5. Nanosílice	69
3.8. Diseño de mezclas.....	69
3.8.1. Diseño de mezcla patrón.....	70
3.8.2. Diseño de mezcla con nanosílice	70
3.9. Procedimiento de investigación	71

3.10. Diseño de las probetas de concreto.	71
3.11. Curado de especímenes	72
3.12. Ensayos de propiedades del concreto.....	73
3.12.1. Ensayo en el concreto fresco.	73
3.12.2. Ensayo en el concreto endurecido	73
3.13. Diseño de la prueba de hipótesis	74
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
4.1. Presentación de resultados:	76
4.1.1. Trabajabilidad	76
4.1.2. Resistencia a la compresión.....	76
4.2. Prueba de hipótesis.....	86
4.2.1. En relación a la hipótesis general	86
4.2.1.1. Estadísticos descriptivos.....	86
4.2.1.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias	87
4.2.1.3. Prueba de hipótesis para muestras.....	88
4.2.1.4. Planteamiento de hipótesis	91
4.2.1.5. Regla de decisión.....	91
4.2.1.6. Estadístico de prueba.....	91
4.2.1.7. Toma de decisión.....	91
4.2.1.8. Conclusión.....	93
4.2.2. En relación a la primera hipótesis específica.....	93
4.2.2.1. Estadísticos descriptivos.....	93
4.2.2.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias	94
4.2.2.3. Prueba de hipótesis para grupos CPCC y CPSCC	95
4.2.2.4. Planteamiento de hipótesis	95

4.2.2.5. Regla de decisión.....	95
4.2.2.6. Estadístico de prueba.....	96
4.2.2.7. Toma de decisión.....	96
4.2.2.8. Conclusión.....	96
4.2.3. En relación a la segunda hipótesis específica	96
4.2.3.1. Estadísticos descriptivos.....	96
4.2.3.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias	97
4.2.3.3. Prueba de hipótesis para grupos de CPSCC y NS	97
4.2.3.4. Planteamiento de hipótesis	99
4.2.3.5. Regla de decisión.....	100
4.2.3.6. Estadístico de prueba.....	100
4.2.3.7. Toma de decisión.....	100
4.2.3.8. Conclusión.....	102
4.2.4. En relación a la tercera hipótesis específica	102
4.2.4.1. Estadísticos descriptivos.....	102
4.2.4.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias	103
4.2.4.3. Prueba de hipótesis para grupos CPCC y NS	103
4.2.4.4. Planteamiento de hipótesis	105
4.2.4.5. Regla de decisión.....	106
4.2.4.6. Estadístico de prueba.....	106
4.2.4.7. Toma de decisión.....	106
4.2.4.8. Conclusión.....	108
4.3. Análisis de costo	108
4.3.1 Análisis de costo con respecto a la resistencia	108
4.3.2. Análisis de costo con respecto al curado	111

4.4. Discusión.....	116
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
5.1. Conclusiones	118
5.1.1. Conclusión General.	118
5.1.2. Conclusiones específicas.	118
5.2. Recomendaciones.....	119
REFERENCIAS	120
ANEXOS	123

Índice de tablas

Tabla 1. Límites para el agua de mezcla	34
Tabla 2. Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y en 28 días.....	38
Tabla 3. Resumen comparativo de propiedades físicas de materiales en estudios usados regularmente en el hormigón.....	53
Tabla 4. Operacionalización de variable	60
Tabla 5. Valores de t con los porcentajes de ensayo que caen dentro del intervalo $u+tDs$	61
Tabla 6. Dispersión total.....	62
Tabla 7. Dispersión entre testigos	62
Tabla 8. Cantidad de muestras.....	63
Tabla 9. Características del cemento	63
Tabla 10. Contenido de humedad del agregado grueso.....	65
Tabla 11. Peso específico y absorción.....	66
Tabla 12. Peso unitario suelto del agregado grueso	66
Tabla 13. Peso unitario compactado del agregado grueso.....	67
Tabla 14. Contenido de humedad del agregado fino	68
Tabla 15. Peso específico del agregado fino y absorción.....	68
Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado fino	69
Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado fino.....	69
Tabla 18. Características de los agregados	70
Tabla 19. Dosificación de concretos, contenido por m ³ de mezcla	71
Tabla 20. Resistencia a la compresión del concreto	73
Tabla 21. Diseño de la hipótesis estadística: Existen diferencias significativas en la variación de las resistencias a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 ...	74

Tabla 22. Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del CPCC es mejor que un CPSCC.....	75
Tabla 23. Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del concreto con NS es mejor que el CPSCC	75
Tabla 24. Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del concreto con NS es mejor que el CPCC	75
Tabla 25. Ensayo de asentamiento	76
Tabla 26. Resistencia a la compresión del CPCC a los 7 días de edad	77
Tabla 27. Resistencia a la compresión del CPCC a los 14 días de edad	77
Tabla 28. Resistencia a la compresión del CPCC a los 28 días de edad	78
Tabla 29. Resistencia a la compresión del CPSCC a los 7 días de edad	78
Tabla 30. Resistencia a la compresión del CPSCC a los 14 días de edad	79
Tabla 31. Resistencia a la compresión del CPSCC a los 28 días de edad	79
Tabla 32. Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 7 días de edad	80
Tabla 33. Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 14 días de edad	80
Tabla 34. Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 28 días de edad	81
Tabla 35. Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 7 días de edad	81
Tabla 36. Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 14 días de edad	82
Tabla 37. Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 28 días de edad	82
Tabla 38. Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 7 días de edad	83
Tabla 39. Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 14 días de edad	83
Tabla 40. Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 28 días de edad	84
Tabla 41. Promedios de la resistencia a la compresión del concreto	85
Tabla 42. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5	86

Tabla 43. Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 7 días de edad.....	87
Tabla 44. Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 14 días de edad.....	88
Tabla 45. Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 28 días de edad.....	88
Tabla 46. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.....	89
Tabla 47. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 7 días de edad.....	89
Tabla 48. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 14 días de edad.....	90
Tabla 49. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 28 días de edad.....	91
Tabla 50. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 7 días de edad	92
Tabla 51. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 14 días de edad	92
Tabla 52. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 28 días de edad	93
Tabla 53. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC y CPSCC	94
Tabla 54. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión CPCC y CPSCC	95
Tabla 55. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5	96
Tabla 56. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5	98

Tabla 57. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 7 días	98
Tabla 58. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 14 días	99
Tabla 59. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 28 días	99
Tabla 60. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 7 días de edad	101
Tabla 61. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 14 días de edad	101
Tabla 62. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 28 días de edad	102
Tabla 63. Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.....	102
Tabla 64. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5	104
Tabla 65. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 7 días de edad.....	104
Tabla 66. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 14 días de edad.....	105
Tabla 67. Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 28 días de edad.....	105
Tabla 68. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 7 días de edad	107
Tabla 69. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 14 días de edad	107
Tabla 70. Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 28 días de edad	108
Tabla 71. Costo del concreto patrón.....	109
Tabla 72. Costo del concreto patrón + NS0.5%	109
Tabla 73. Costo del concreto patrón + NS1.0%	110

Tabla 74. Costo del concreto patrón + NS1.5%	110
Tabla 75. Costo del concreto 280kg/cm ²	110
Tabla 76. Fabricación y colocación del concreto f'c 210kg/cm ² – Columnas	111
Tabla 77. Análisis de precio unitario de curado por aspersión dos aplicaciones diarias - columnas.....	112
Tabla 78. Análisis de precio unitario de curado por aspersión más membrana de yute dos aplicaciones diarias – columnas	113
Tabla 79. Análisis costo unitario de curado con aplicación de curador químico - columnas	114
Tabla 80. Análisis costo de curado en columna	114
Tabla 81. Costo total caso práctico con curado por aspersión - columnas.....	115
Tabla 82. Costo total caso práctico con curado con yute + aspersión de 03 días.....	115
Tabla 83. Costo total caso práctico con aplicación de curador químico – una sola mano	115
Tabla 84. Comparación del concreto para el caso práctico	115
Tabla 85. Comparación del concreto más el curado para el caso práctico.....	116

Índice de figuras

Figura 1. Agua absorbida por cemento seco expuesto durante seis meses a diferentes presiones el vapor	43
Figura 2. Influencia de la humedad relativa del aire en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas después del colado (temperatura ambiente 21°C; velocidad del viento 4.5m/s).....	43
Figura 3. Influencia de la temperatura del ambiente y del concreto en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas iniciales del colado (humedad relativa ambiental 70 por ciento; velocidad del viento 4.5m/s).....	44
Figura 4. Influencia de la velocidad del viento en la pérdida de agua del concreto en las etapas iniciales después del colado (humedad relativa ambiental 70 por ciento, temperatura 21°C).....	44
Figura 5. Influencia de la temperatura del concreto (a una temperatura ambiente de 4.5°C) en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas después del colado (humedad relativa ambiental 100 por ciento, velocidad del viento 4.5m/s).....	45
Figura 6. Curado por inmersión.....	46
Figura 7. Curado por aspersión.....	47
Figura 8. Curado por estancamiento.....	47
Figura 9. Curado con tejido de yute	48
Figura 10. Curado con aserrín.	49
Figura 11. Curado con láminas de polietileno.....	50
Figura 12. Curado con papel impermeable.....	50
Figura 13. Compuesto de curado líquido.....	51
Figura 14. Curva granulométrica del agregado grueso.....	64
Figura 15. Curva granulométrica del agregado fino.....	67

Figura 16. Resistencia a la compresión del concreto.....	74
Figura 17. Evolución de la resistencia a la compresión para los diferentes porcentajes de nanosílice.....	85
Figura 18. Variación de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto.	86

Índice de anexos

Anexo A Propiedades de los materiales	123
Anexo B Diseño de mezclas.....	130
Anexo C Resultados de los ensayos	134
Anexo D Certificados y constancias	139
Anexo E Panel fotográfico	144

Símbolos usados

ACI	: American Concret Institute (Instituto Americano del Concreto)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Prueba)
NTP	: Norma Técnica Peruana
Ho	: Hipótesis Nula
Hi	: Hipótesis de investigación
AG	: Agregado grueso
AF	: Agregado fino
Ag	: Agregado
Pe	: Peso específico
a/c	: Agua/Cemento
M	: Muestra
SSS	: Superficialmente Seco Saturado
CP	: Concreto patrón
CPCC	: Concreto patrón con curado por inmersión
CPSCC	: Concreto patrón simulando condiciones de curado en obra
NS	: Nanosilice
NS0.5	: Nanosílice al 0.5%
NS1.0	: Nanosílice al 1.0%
NS1.0	: Nanosílice al 1.5%

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del nanosilice como aditivo del concreto en la resistencia a la compresión, simulando condiciones de curado en obra. Para realizar esta investigación se elaboraron cuatro diseños, el concreto patrón y concreto adicionado con nanosilice en diferentes porcentajes (0.5%, 1.0%, 1.5%). Para la simulación del curado en obra se optó por curar las probetas por aspersión dos veces al día, durante 7 días. Se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón con curado por inmersión, el concreto patrón y el concreto adicionado ambos simulando condiciones de curado en obra.

Los resultados muestran que el concreto patrón alcanzo una resistencia inferior a la resistencia de diseño en un 25.19%, mientras que el concreto adicionado con nanosilice al 0.5%, 1.0% y 1.5% alcanzo una resistencia a la compresión superior a la de diseño en un 16.35%, 47.39% y 40.26% respectivamente a los 28 días de edad, simulando condiciones de curado en obra.

La adición de nanosilice influye de manera positiva en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, siendo 0.5% la adición más óptima de nanosilice para el concreto ya que este porcentaje es el que más se acerca a la resistencia para la cual fue diseñada.

Palabras clave: Nanosilice, concreto patrón, resistencia a la compresión, curado.

Abstract

The main objective of this research work is to determine the influence of nanosilice as an additive of concrete in the resistance to compression, simulating conditions of curing on site. In order to carry out this investigation, four designs were elaborated, the concrete pattern and concrete added with nanosilica in different percentages (0.5%, 1.0%, 1.5%). For the simulation of curing on site, it was decided to cure the specimens by spraying twice a day, for 7 days. Comparative tests were carried out between the concrete concrete with curing by immersion, the concrete standard and the concrete added both simulating conditions of curing on site.

The results show that the concrete pattern reached a resistance lower than the design resistance in 25.19%, while the concrete added with nanosilice at 0.5%, 1.0% and 1.5% reached a compressive strength superior to that of design in a 16.35%, 47.39% and 40.26% respectively at 28 days of age, simulating conditions of curing on site.

The addition of nanosilica positively influences the compressive strength of the concrete simulating conditions of curing on site, with 0.5% being the most optimal addition of nanosilica to the concrete since this percentage is the closest to the strength for the which was designed.

Keywords: Nanosilica, particular pattern, compressive strength, cured.

Capítulo I. El problema

1.1. Planteamiento del problema

Debido al gran crecimiento poblacional, la ciudad de Juliaca representa el 93.5% de la población de la provincia de San Román, con una tasa de crecimiento anual de 2.5% según los datos estadísticos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) al año 2007. Resultado de esta gran cantidad de población se ve la demanda en el sector constructivo, este suceso nos lleva a reflexionar sobre la calidad de las construcciones que se vienen efectuando.

Una de las características más importantes para determinar la calidad de una edificación en concreto armado es la resistencia a la compresión que presenta los elementos estructurales. Para contar con un concreto adecuado es importante el proceso de preparación, vaciado y el curado, pero muchas veces se observa deficiencias en cada una de estas etapas. Según RNE 060 el concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación, así mismo, el procedimiento de curado debe ser tal que produzca un concreto con una durabilidad equivalente al menos a la que se obtendría efectuando el curado húmedo.

El ritmo acelerado en el cual se suele realizar las construcciones, el curado por aspersión continua por el periodo mínimo de 7 días se va dejando de lado, realizándose un curado de forma deficiente, de hasta 5 días por periodos esporádicos, e inclusive en diversas ocasiones dicha práctica es nula. Las deficiencias durante este periodo se ven notablemente en las propiedades del concreto, especialmente en la resistencia a la compresión lo cual como consecuencia nos conlleva a tener edificaciones con periodos de servicio por debajo de lo estimado y que representan un riesgo para la comunidad.

Además de las pésimas prácticas de curado que se presenta en las obras otro factor que afecta dicho proceso del endurecimiento del concreto es la temperatura que se tiene en el

departamento de Puno. El departamento de Puno se encuentra en el altiplano peruano ubicado desde los 3500 metros hasta los 5000m.s.n.m, presentándose una gran variabilidad en su clima. Según los reportes obtenidos del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) la temperatura media anual es de 10°C con mínimas extremas de -27°C; en la ciudad de Juliaca de la misma forma se presenta una variabilidad de hasta 4°C, presentándose las más bajas en los meses de junio y julio.

En los últimos años el avance de la ciencia ha permitido desarrollar el uso de la nanotecnología aplicado a diferentes usos proporcionando así grandes cambios. Entre los materiales nanotecnológicos se tiene el nanosilice, este elemento posee la capacidad de aportar de manera favorable en la resistencia a la compresión del concreto.

1.2. Interrogantes de la investigación

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión del concreto con nanosilice y un concreto patrón simulando condiciones de curado en obra, frente a un concreto patrón con un curado por inmersión?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón con curado por inmersión frente al concreto patrón simulando condiciones de curado en obra?

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón frente al concreto con nanosilice simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos?

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón con curado por inmersión frente al concreto con nanosilice simulando condiciones de curado en obra?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Verificar la variación de la resistencia a la compresión con concreto con nanosilice y un concreto patrón simulando condiciones de curado en obra, frente a un concreto patrón con un curado por inmersión

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón con curado por inmersión frente al concreto patrón simulando condiciones de curado en obra.

Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón frente al concreto con nanosilice ambos simulando condiciones de curado en obra.

Determinar la variación de la resistencia a la compresión de un concreto patrón con curado por inmersión frente al concreto con nanosilice simulando condiciones de curado en obra.

1.4. Justificación

El uso del concreto tiene una gran importancia en el medio de la construcción ya que es empleado en todo tipo de obras civiles, es por ello la importancia de tener aditivos nanotecnológicos que nos ayuden a obtener un concreto con mejores propiedades y que en su proceso de fabricación puedan llegar a ser menos contaminantes, con el avance de la nanociencia se podrá llegar a cambiar y mejorar algunas de las propiedades de los cementos que se usan comúnmente, incorporándoles un aditivo nanotecnológicos o incluso considerarlos como un ingrediente específico que permita obtener como resultado un concreto adecuado a las necesidades puntuales de la obra, en lugar de usar un cemento especial (Muciño, 2009).

Debido a que en muchas ocasiones durante el proceso de curado en obra se cometen deficiencias con el mismo al no realizar este proceso de la manera correcta, provocando así que el concreto no llegue a la resistencia deseada siendo esto perjudicial para la estructura.

En el presente trabajo se justifica, puesto que es necesario estudiar el comportamiento del concreto utilizando una alternativa de aditivo como es el nanosilice, con el propósito de mejorar la resistencia a la compresión del concreto cuando estas se encuentran simuladas a condiciones de curado en obra y sus efectos que presentan en la trabajabilidad y obtención de la resistencia de diseño ya que esta es una de propiedades más importantes del concreto endurecido, que es de principal importancia para el poblador y el Ingeniero Civil, debemos considerar que el estudio a efectuar se realizara en un clima híbrido tan particular en la ciudad de Puno a 3800msnm.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

Para poder realizar una investigación es necesaria apoyarse en investigaciones previas, las cuales sirvan de guía para poder encaminar de manera que la investigación tenga un buen resultado. De las investigaciones realizadas se ha demostrado que el uso de nanosilice como aditivo mejora las propiedades del concreto. Así también se ha demostrado que el deficiente proceso de curado influye negativamente en el concreto.

Entre los diversos textos e investigaciones que citan acerca de la utilización del nanosilice tenemos:

En el artículo “concreto nanotecnológico” Muciño, Alberto (2009) del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey señala: El avance de la ciencia ha permitido el desarrollo de productos que nos ofrezcan mayores beneficios a través de la manipulación de moléculas, que proporcionan grandes avances a la humanidad, pero sin dañar su propia supervivencia”.

León Brito, Nestor (2012); en su tesis de “Influencia de la adición de nanosilice en el hormigón autocompactante”, realizó un análisis sobre la influencia que tiene el nanosilice en el concreto autocompactante, obteniendo como resultado final que el uso del nanosilice aumenta la resistencia a compresión del concreto, mejora el comportamiento que tiene frente a la penetración de iones cloruros y se observa que su estructura es de un hormigón más compacto y por lo tanto menos susceptibles al ataque por agentes externos.

Así también, hasta la actualidad en nuestro país ya se viene desarrollando investigaciones realizadas por las Universidades.

Molina Villar, Fredy Roland y Chara Surco, Helmut (2017) en su trabajo tesis denominado: “Influencia de la adición de nanosilice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa” desarrollado en la Universidad Nacional de San Agustín, luego

de realizar los estudios acerca del uso del nanosílice en concretos de alta resistencia llego a la conclusión que la resistencia a la compresión obtenidos a 28 días de edad, alcanzaron valores entre un intervalo de 100.96% a 159.76% de la resistencia de diseño para las diferentes porcentajes de dosificación.

Contreras Usedo Stefany Rosario y Velazco Chavez Cristian Antonio (2018) en su trabajo de tesis denominado: “Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa”, desarrollado en la Universidad Nacional de San Agustín, realizaron estudios acerca del comportamiento del concreto en condiciones de curado en obra en losas de concreto, llegando a la conclusión de que no curar un concreto de una forma adecuada nos da como resultado una baja resistencia a la compresión, con valores que se encuentran entre el 45% y 50% de la resistencia de un concreto con curado óptimo.

Duran Mendoza, Juan Manuel (2018) en su trabajo de tesis denominado: “Estudio de las propiedades del concreto $f'_c=210$ kg/cm² aplicado a condiciones simuladas de curado en obra, en la ciudad de Arequipa, con cemento portland tipo IP” realizó investigaciones acerca de la resistencia a la compresión del concreto en condiciones de curado en obra llegando a la conclusión de que la resistencia del curado por aspersión esporádica se encuentra por debajo del curado por inmersión.

Finalmente consideramos las investigaciones que se ejecutaron en nuestro departamento de Puno.

Pachacutec Gutierrez, Yehude Pither y Vilca Salazar, Ninger Grover (2018) en su trabajo de tesis denominado “Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y nanosílice con agregados de la cantera Cutimbo – Puno”, realizado en la Universidad Nacional del Altiplano. En dicha investigación se hizo la comparación del uso del microsílice y nanosílice en cuanto a su resistencia y también costo

de producción, llegándose a la conclusión que el uso del nanosílice con una dosis del 1% por tema de costo y resistencia pueden ser aplicados en la construcción, ya que se logra concretos de alta resistencia.

Quispe Amanqui Nelson Hermes (2017) en su trabajo de tesis denominado: “Influencia del gradiente térmico en la resistencia del concreto en la ciudad de puno - 2017” desarrollado en la Universidad Nacional del Altiplano. Al finalizar su proyecto de investigación llegó a la conclusión que el gradiente térmico que se presenta en la ciudad de Puno influye negativamente en el proceso de curado presentándose los siguientes resultados: para una edad de 07, 14, 21 y 28 días se obtuvo un 22.92, 28.44, 20.41 y 19.15% menor al de un concreto con curado en condiciones de gradiente térmico óptimo.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El concreto

Según Pasquel (1998) define al concreto como “Un material constituido en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados, aire y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción”.

Así también Abanto (2009) refiere que “El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto”.

2.2.1.1. Componentes del concreto

Tal como se mencionó anteriormente para generar este producto llamado concreto se necesita la combinación de diferentes componentes los cuales al ser mezclado en dosis

diseñadas de acuerdo a la característica final que se desea obtener, el concreto cuenta con ciertos componentes los cuales se detallan a continuación:

2.2.1.1.1. Cemento:

Se conoce que desde tiempos que remontan a la antigua Roma en su afán de realizar construcciones utilizaron agregado ladrillos quebrados los cuales eran combinados con una mezcla de cal con polvo del ladrillo o en otras ocasiones con ceniza volcánica, pudiendo así construir una gran variedad de estructuras tales como: caminos, acueductos, templos, palacios etc.

❖ Tipos de Cemento

El cemento portland es considerado como el material genérico, pero debido a las diferentes circunstancias en los que se desarrolla el proceso constructivo se vio la necesidad de tener un material que cuente con diversas propiedades físicas y mecánicas, tales como la resistencia, contracción, permeabilidad y durabilidad. Esto con el propósito de que el concreto mantenga su durabilidad cuando se encuentre expuesto a condiciones variadas, es por ellos que con el tiempo se han desarrollado diferentes tipos de cementos, que se clasifican según sus propiedades que están normalizado por la Norma Internacional ASTM 150 y la Norma Peruana NTP 334.009.

- **Tipo I:** Este tipo de cemento es el más conocido y usado en la construcción en general, tiene un buen comportamiento siempre y cuando no estén expuesto a sulfatos presentes ya sea en el agua o en el suelo.
- **Tipo II:** Es también conocido como cemento portland modificado, se recomienda el uso de este tipo de cemento en estructuras que se encuentran expuestas a la acción moderada de sulfatos o en las que es deseable un bajo calor de hidratación.
- **Tipo III:** Este cemento portland es de endurecimiento rápido o alta resistencia inicial, muy semejante al tipo I, se recomienda el uso de este cemento en construcción a

temperaturas bajas para contrarrestar los daños por congelamiento temprano o donde se necesita que el concreto adelante su servicio.

- **Tipo IV:** Este tipo de cemento presenta un bajo calor de hidratación, lográndose así un desarrollo de resistencia inicial más lento que el cemento tipo I, pero su resistencia final no se ve afectada. Se recomienda su uso en concretos masivos.
- **Tipo V:** El cemento portland tipo V es de alta resistencia a los sulfatos, ya que cuenta con una baja cantidad de C_3A lo cual evita que los sulfatos tengan una reacción química con éste. El uso recomendado de este tipo de cemento es en estructuras hidráulicas que se hallan expuestas a aguas con un alto contenido de álcalis y estructuras marinas sometidas a la marea.

Los cementos tipo III y IV no son utilizados en nuestro país, debido a que aún no se cuenta con la suficiente tecnología para la fabricación de C3S más finas.

Así como se tienen cinco tipos de cemento también se tiene los cementos adicionados.

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, y Tanesi (2004) “Los cementos adicionados usan una combinación de cemento portland o clinker y yeso mezclados o molidos juntamente con puzolanas, escorias o cenizas”. La ASTM C 595 por su parte establece cinco clases principales de cementos adicionados:

- ✓ Tipo IS
- ✓ Tipo ISM
- ✓ Tipo IP
- ✓ Tipo IPM

2.2.1.1.2. Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

El uso de los agregados no siempre fue considerado un elemento de importancia ya que inicialmente se los considero como “un material inerte de relleno cuya aplicación permitiría disminuir el costo de la unidad cubica de concreto” (Rivva,2010).

Con el tiempo los agregados pasaron a formar parte importante del concreto debido a que constituye un aproximado del 75% del volumen total de la mezcla del concreto. Es por ello que los agregados tengan buenas características en cuanto a su resistencia y durabilidad a los elementos, además de que esté libre de impurezas como el barro, limo, arcilla o alguna otra materia orgánica en su superficie, dado que esto provocaría que el agregado no tenga un buen enlace con la pasta del cemento (Abanto Castillo, 2009).

Los agregados son formados por procesos climáticos o abrasivos, en algunos casos también tienen una formación artificial debido a la trituración artificial de una gran masa. Las características con el que cuente el agregado depende directamente de las propiedades que tenga la roca original, tales como la composición mineral y química, estabilidad física y química, gravedad específica, dureza, resistencia, clasificación petrográfica, etc. Los cuales influirán en la calidad del concreto.

Los agregados se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- Por su procedencia
- Por su densidad
- Por su tamaño
- Por su forma y textura

2.2.1.1.3. Agua

Neville (1999) menciona que: Dentro de los componentes que forman el concreto, el agua juega un papel muy importante, es por ello que este elemento debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para que no produzca alteraciones o problemas colaterales en el proceso de hidratación del concreto, evitar los retrasos en el fraguado, perjudicar su

resistencia y durabilidad. Debido a esto el agua debe ser evaluada antes de usarse en el mezclado con el cemento, verificando que cumpla con los requisitos de la norma NTP 339.088 y de preferencia potable.

a) Funciones del agua: El agua que se utiliza en una mezcla en el concreto cumple con tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para poder iniciar con la hidratación.
- Actuar como lubricante de manera que contribuya en la trabajabilidad del concreto
- Procurar que la estructura de vacíos sea lo suficientemente necesaria dentro de la pasta de manera que los productos de hidratación cuenten con el espacio suficiente para desarrollarse.

Por lo tanto, por razones de tener una buena trabajabilidad el agua a utilizarse en el concreto es mayor a la necesaria para la hidratación del cemento.

b) Participación del agua en el concreto:

- Agua de mezclado: “Es la cantidad de agua por metro cubico de concreto producido que generará la trabajabilidad adecuada y asimismo permitirá un eficiente proceso de hidratación” (Sánchez, 2001, p.53).
- Agua de Hidratación: “Es una porción del agua de mezclado que reacciona químicamente con el material cementicio, para pasar a formar parte de la fase solida del gel, se la conoce también como agua no evaporable” (Sánchez, 2001, p.53).
- Agua evaporable: “Es el agua restante en la pasta del concreto en su estado no endurecido, la cual es capaz de evaporarse, pero no se encuentra libre en su totalidad, debido a las fuerzas de atracción molecular que genera el gel cementicio” (Sanchez,2001, p.53).
- Agua de adsorción: “Es una capa molecular de agua que se halla fuertemente adherida a las superficies del gel cementicio por fuerzas intermoleculares de atracción, cuyas

distancias con respecto a la superficie del gel están entre los 0 Å y 30 Å” (Sanchez, 2001, p.53).

- Agua capilar: “Es el agua que ocupa los poros capilares de la pasta, a distancias que suelen estar comprendidas en el intervalo de 30 a 10⁷ Å, de modo que ella está sujeta débilmente a las fuerzas de atracción del gel cementicio” (Sanchez, 2001, p.53).
- Agua libre: “Aquella que se encuentra fuera del área de atracción de la superficie del gel, de modo que tiene completa movilidad y puede evaporarse fácilmente” (Sanchez, 2001, p.53)
- Agua de curado: “Constituye el suministro adicional para hidratar eficientemente el cemento, de modo que complete su reacción química” (Sanchez, 2001, p.55).

c) **Requisitos de calidad:** Para el uso en general del agua en las construcciones se ha aceptado la utilización del agua potable para la elaboración del concreto y curado, sin embargo, esto no limita que puedan realizarse ensayos que verifiquen su calidad.

En una iniciativa tomada por la norma nacional establece los parámetros con los que debe contar el agua para poder ser usados en la mezcla y el curado, estos requisitos se especifican en la norma NTP 339.088, ya que curiosamente las instituciones internacionales como el ACI y el ASTM no establecen requisitos para el agua en el concreto.

A continuación, se detallan los requisitos en la siguiente tabla:

Tabla 1
Límites para el agua de mezcla.

Sustancia	Valor Máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sale de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Nota: Fuente: NTP 339.088.

2.2.1.2. Propiedades del concreto fresco

Las propiedades que se verán en el concreto endurecido tales como la resistencia y durabilidad están directamente relacionadas por el grado de compactación, es por ello que durante su estado fresco el concreto debe ser trabajable, de tal modo que tenga una buena compactación y además de ser transportable y facilitar su acabado, con la finalidad de que no se presente la segregación lo cual sería perjudicial para su compactación.

2.2.1.2.1. Trabajabilidad

Según define Pasquel (1998) a la trabajabilidad como: “A la mayor o menor dificultad de mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, ya que un concreto que puede ser manejable bajo ciertas condiciones de colocación, no necesariamente resulta así si dichas condiciones cambian” (p.131).

El método usado tradicionalmente para medir la trabajabilidad del concreto desde hace años es el ensayo de “Slump” o asentamiento del cono de Abrams, este ensayo permite obtener una aproximación numérica de esta propiedad, sin embargo, es necesario entender que este ensayo determina más la uniformidad de la mezcla de concreto que su trabajabilidad, ya que se ha demostrado que se puede obtener concretos con igual slump, pero con diferente trabajabilidad en las mismas condiciones de trabajo.

2.2.1.2.2. Segregación

La segregación definida por Neville (1998) como la separación de los componentes de una mezcla heterogénea, generando así que su distribución ya no sea uniforme. Dentro de una mezcla de concreto, la principal causa por la que se da la segregación es la diferencia que existe en el tamaño de las partículas y algunas ocasiones también interviene la gravedad específica de los componentes de la mezcla. Para controlar estas diferencias se puede realizar mediante una graduación adecuada y un manejo cuidadoso.

Así también Pasquel (1998) menciona que las diferencias que existen en las densidades de los componentes del concreto provoquen que por un concepto natural las partículas más pesadas tiendan a descender, pero en general, la densidad con la que se cuenta la pasta y los agregados finos es menor sólo en un 20% al de los agregados gruesos (en agregados normales).

Se presentan dos formas de segregación. En la primera, las partículas más gruesas por un comportamiento natural tiendan a desplazarse hacia abajo o se asienten y las partículas finas se queden suspendidas. La segunda forma, que se da es por las mezclas que son más húmedas, es decir la separación de la lechada (cemento más agua)

2.2.1.2.3. Exudación

Es una propiedad en la cual una cierta cantidad del agua de mezcla se separa de la masa y asciende hacia la superficie del concreto. El hecho de que los sólidos se asienten dentro de la masa es un caso común de sedimentación. Este fenómeno está bajo las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar. Esta propiedad se ve influenciado por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, debido a que si se tiene una molienda más fina y una cantidad mayor de mayor de agregados finos que pasen la malla N°10, la exudación será menor ya que el agua será retenida en la mezcla.

No es posible evitar la exudación que se produce en el concreto, ya que esta es una propiedad inherente a su estructura, entonces debido a esta propiedad es de gran importancia evaluarla y controlarla para verificar que no haya provocado efectos negativos en el concreto.

Otra causa por la cual se puede dar la exudación es el exceso de compactación o de vibración.

2.2.1.2.4. Contracción

La contracción es una de las propiedades más importantes con las que cuenta el concreto en su estado fresco ya que puede generar problemas de fisuras. La pasta de cemento presenta con frecuencia contracciones debido a la reducción que hay del volumen original de agua por la combinación química con los demás elementos, este proceso es irreversible y esta denominado como contracción intrínseca (Pasquel, 1998).

Durante el proceso de secado también se da la contracción ya que es un proceso natural del concreto, y la pérdida de agua en la mezcla puede generar problemas de fisuración. Según Pasquel (1998) “Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida” (p.142).

2.2.1.3. Propiedades del concreto endurecido

El concreto endurecido presenta diversas propiedades como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad, pero de la propiedad considerada más importante en el concreto es la resistencia a la compresión que llega obtener, ya que esta resistencia nos muestra la calidad que tiene dicho concreto (Neville, 1998).

2.2.1.3.1. Elasticidad

Esta propiedad nos indica que el concreto tiene la capacidad de deformarse cuando este bajo carga, sin mostrar una deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un módulo de elasticidad estático del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la tensión última” (Pasquel, 1998, p.142).

2.2.1.3.2. Resistencia

La resistencia del concreto es la capacidad de soportar un esfuerzo o cargas sin presentar daños en su estructura, se sabe también que el concreto presenta una mejor resistencia a la compresión en comparación a la resistencia de tracción. Es por ello que el concreto en una estructura trabaja principalmente a compresión y para verificar su calidad se toma en cuenta los valores de los esfuerzos máximos soportados al ser sometidos a compresión.

Los factores que influyen en un concreto para que pueda tener una buena resistencia son: la temperatura, el tiempo, las características del cemento, la calidad de los agregados, otro factor indirecto, pero no menos importante en la resistencia, es el curado que se ha dado al concreto durante los primeros días de vida, ya que este proceso de hidratación permite que los materiales desarrollen sus propiedades de resistencia (Pasquel,1998).

En la tabla que se muestra a continuación se puede observar la relación que tiene el concreto a una determinada edad.

Tabla 2

Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y en 28 días.

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f_c(t)/f_c' 28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Nota: Fuente: “Diseño de estructuras de concreto armado” (Hamsen,1995).

La resistencia a la compresión del concreto Según la ASTM C-192-90a y C-39-93a se determina a través del ensayo de un cilindro con medidas estándares, donde la altura siempre será el doble del diámetro. El espécimen al ser colocado en el molde deberá permanecer durante 20 +/-4 horas, posteriormente se procede al curado durante 28 días bajo el agua. El proceso estandarizado nos indica que el concreto debe tener 28 días de vida, durante la prueba el cilindro es cargado a un esfuerzo uniforme de 2.4Kg/cm²/s. Para realizar este ensayo se debe tener como mínimo dos probetas tomadas de la misma muestra poblacional, el promedio de ambos resultados será la resistencia la compresión (f_c').

2.2.1.3.3. Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

2.2.1.3.4. Durabilidad

El concreto durante todo su tiempo de servicio deberá contar con la capacidad de resistir satisfactoriamente ante las condiciones sometidas a la que fue diseñada, es por ello que el concreto debe contar con la capacidad de endurecer, mantener sus propiedades y ser durable.

2.2.1.4. Diseño de Mezcla

La realización de un diseño de mezcla de concreto, reside principalmente en el conocimiento de sus propiedades de los materiales utilizados en el concreto y la interacción física y química que se genera a partir de la unión de estos elementos, con el objetivo de lograr un material con cualidades que sean satisfactorios y cumplan con las características que se necesitan en la estructura.

El diseño de mezcla no solo tiene como objetivo obtener un f'_c , si bien este valor tiene una gran importancia, se debe considerar es la resistencia no es la única propiedad del concreto, ya que, si no cumplimos con otras de las propiedades deseadas, este diseño habrá fracasado.

La elaboración de un diseño de mezcla no solo consiste en seguir pasos sistematizados de cuadros y tablas, que nos dan resultados numéricos para la elaboración de una mezcla. El diseño también considerar factores adicionales como el ambiente, requisitos estructurales y proceso constructivo.

Es por ello que Pasquel (1998) menciona que: En la actualidad existen diferentes métodos para la elaboración de mezclas basados en tablas o gráficos los cuales nos darán ayuda a estimar las cantidades de los elementos con los que debe contar una mezcla, en función del tamaño máximo nominal, granulometría de los agregados y el asentamiento. Sin embargo, cabe mencionar que ningún método es perfecto o que nos brinde una solución a los problemas que se presentan en casos prácticos, para tener una mezcla eficiente también se debe aplicar el criterio personal, de acuerdo al conocimiento técnico y la experiencia que tenga el profesional en obra.

Diseño de mezcla por el método ACI

El documento ACI 211.1 ha desarrollado un procedimiento para poder realizar el diseño de mezclas de una forma simple, este procedimiento está basado en tablas, dichas tablas nos permiten determinar las cantidades de los diferentes elementos del concreto a usarse en una mezcla, estas cantidades están en función a una unidad cubica de concreto.

2.2.2. El curado

El ACI 308 R define al curado como el proceso en donde el concreto que está elaborado a base de cemento empieza su etapa de maduración y desarrolla las propiedades que debe adquirir el material en su estado endurecido.

El proceso del curado es el conjunto de actividades o acciones que se realizan con el fin de lograr la hidratación adecuada para el concreto.

Según Neville (1996) define el curado como: El proceso para hidratar al cemento, controlando la temperatura y la humedad que se genera desde y hacia el concreto. El objetivo del curado es saturar al concreto lo más que se pueda, hasta que los espacios inicialmente ocupados por el agua en la pasta de cemento fresco sea llenado en lo posible por los productos de la hidratación del cemento.

El concreto durante los primeros 7 días de vida alcanza el 70% de su resistencia, así también, la resistencia final está relacionada con factores como la humedad y temperatura que existe durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia del concreto puede disminuir o perderse debido a un secado prematuro o si la temperatura baja a 5°C o menos durante los primeros días, a menos que el concreto pueda mantenerse en continuo por un periodo largo después del descenso de la temperatura. La exposición del concreto a la congelación puede provocar que el concreto reduzca su resistencia hasta en un 50%. Para reducir estos daños el concreto debe ser protegido de las pérdidas de humedad por lo menos durante los siete primeros días de vida.

2.2.2.1. Influencia del curado en las propiedades mecánicas y la durabilidad

El proceso de un buen curado de concreto se realiza por razones muy importantes, ya que influye en las propiedades que el concreto tiene:

- **Influencia en las propiedades mecánicas:** Cuando no se realiza el curado del concreto, este concreto no presentará las condiciones para poder desarrollar la resistencia para la cual fue diseñada, ensayos y estudios indican que el concreto sin curar puede llegar a perder hasta en un 50% de la resistencia de diseño.

Es por ello que es necesario que el ambiente interno del concreto esta lo más saturado posible, para que de esta manera se evite la perdida de la humedad de este elemento, ya que la velocidad con la que el concreto se hidrata inicialmente va perdiéndose a medida que pasa el tiempo, por lo tanto, es de suma importancia que el concreto sea curado lo más pronto que se pueda apenas termine su etapa de fraguado.

- **Influencia en la durabilidad del concreto:** Al realizarse el curado al concreto adecuadamente se reduce en gran medida las grietas, el riesgo a que se pueda descascarar y aumenta la resistencia al desgaste.

2.2.2.2. Influencia de la temperatura, humedad y velocidad del viento

Powers (1947), en sus estudios realizados llego a la conclusión de que la hidratación del concreto se muestra reducido en ambientes donde la humedad relativa es menor al 80% así como también insignificante en ambientes donde la humedad esta por debajo del 30%. Entonces podemos inferir que el ambiente o estado adecuado para que el concreto logre la hidratación total, para desarrollarse en su máximo es en un ambiente saturado.

Sin embargo, es posible que con un mínimo de 80% de humedad, la hidratación puede llevarse de una forma que no afecte, esto sería una suposición valida si y solo si, además de la humedad no existirían otros factores como la velocidad del viento, la temperatura exterior, la radiación solar y variación de la temperatura entre el concreto y el exterior.

Es por ello que los términos como “curado natural” o “curado al ambiente”, son términos que no tienen validez, ya que no se sabe el grado de éxito que pudieran tener.

“La prevención de la pérdida de agua que proviene del concreto es importante no solo porque afecta adversamente el desarrollo de resistencia, sino también porque conduce a contracción plástica, permeabilidad mayor y resistencia a la abrasión menor” (*Neville, 1998, p.219*).

A continuación, se muestra los gráficos de las variables que influyen en el grado de éxito del curado:

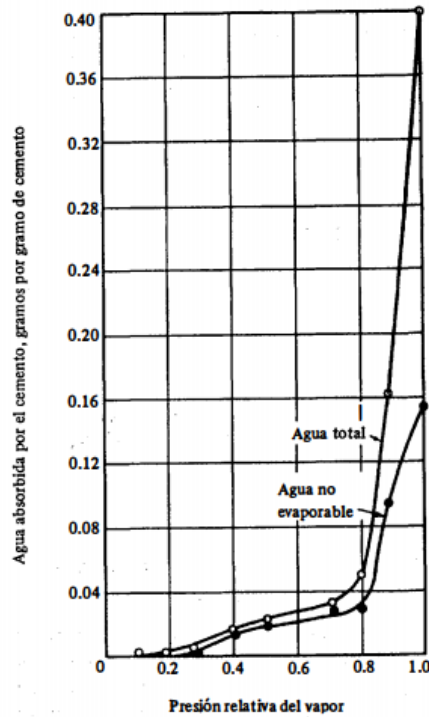


Figura 1. Agua absorbida por cemento seco expuesto durante seis meses a diferentes presiones el vapor.
Fuente: Neville, 1999. Tecnología del concreto.

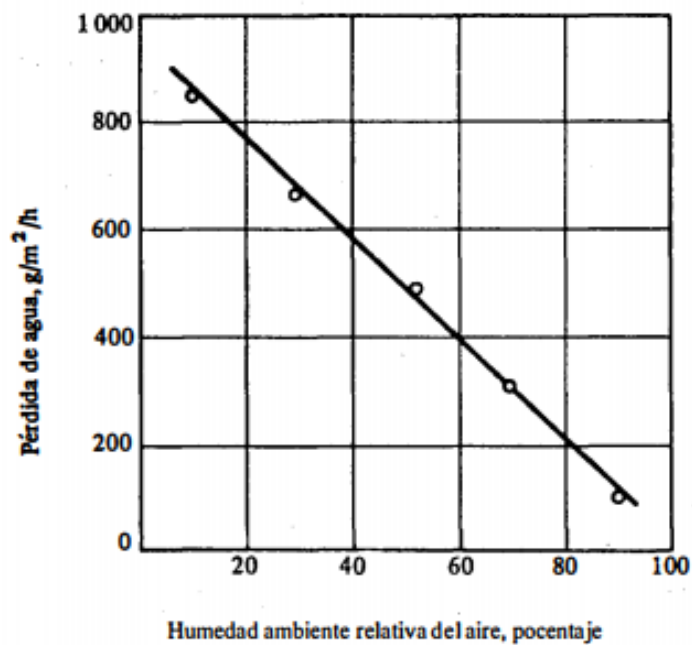


Figura 2. Influencia de la humedad relativa del aire en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas después del colado (temperatura ambiente 21°C; velocidad del viento 4.5m/s).
Fuente: Neville, 1999. Tecnología del concreto.

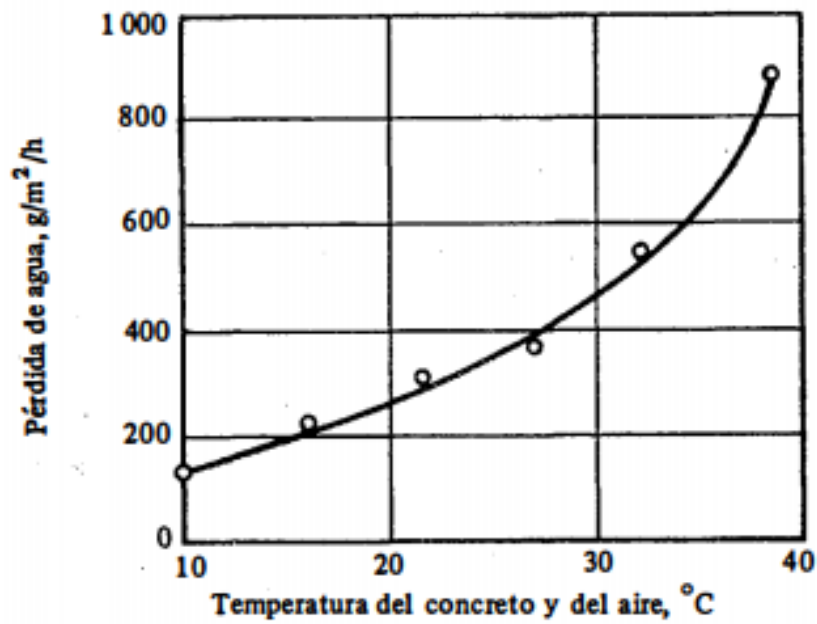


Figura 3. Influencia de la temperatura del ambiente y del concreto en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas iniciales del colado (humedad relativa ambiental 70 por ciento; velocidad del viento 4.5m/s).
Fuente: Neville, 1999. Tecnología del concreto.

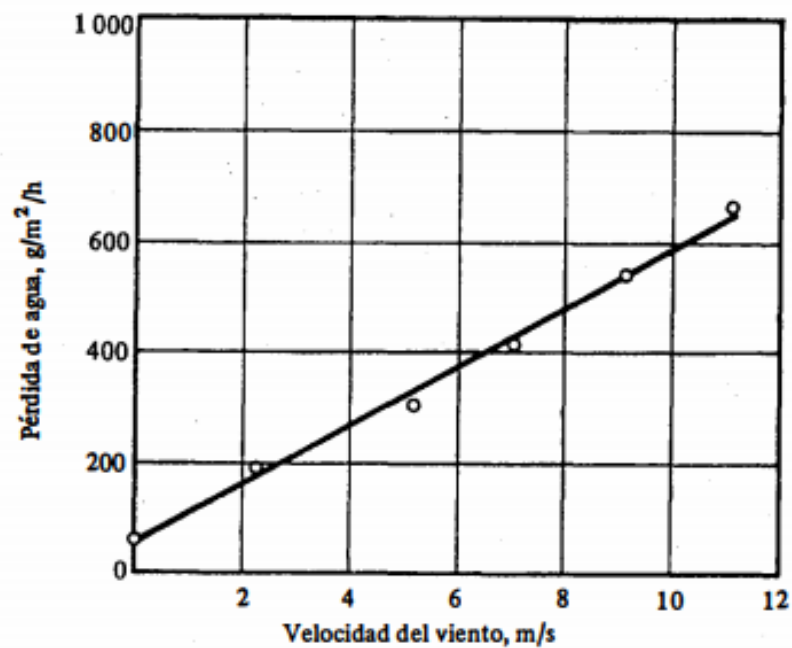


Figura 4. Influencia de la velocidad del viento en la pérdida de agua del concreto en las etapas iniciales después del colado (humedad relativa ambiental 70 por ciento, temperatura 21°C).
Fuente: Neville, 1999. Tecnología del concreto.

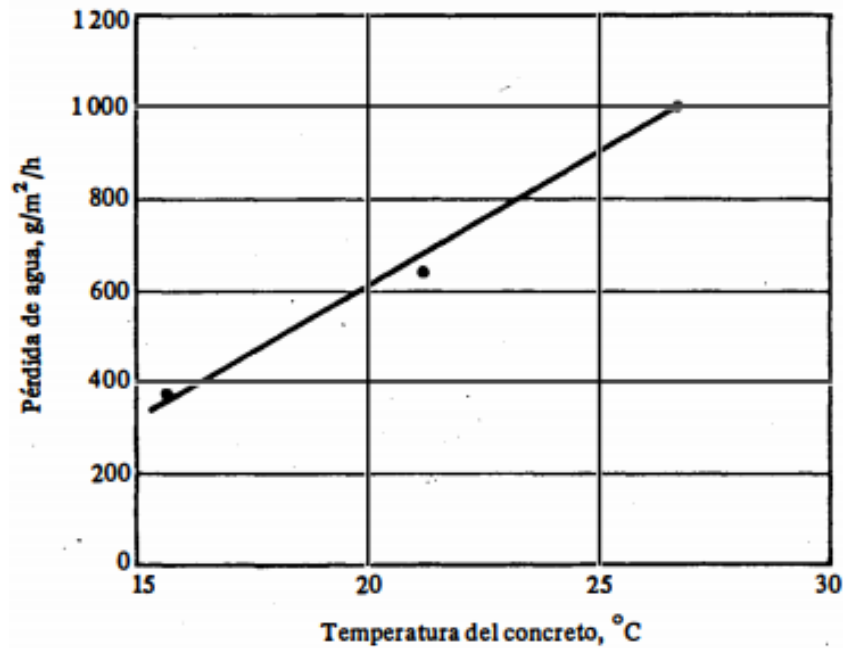


Figura 5. Influencia de la temperatura del concreto (a una temperatura ambiente de 4.5°C) en la pérdida de agua del concreto en las etapas tempranas después del colado (humedad relativa ambiental 100 por ciento, velocidad del viento 4.5m/s).

Fuente: Neville, 1999. Tecnología del concreto.

Como se ha podido observar, los factores expuestos en los gráficos influyen en favorecer o disminuir la pérdida de agua en el concreto.

2.2.2.3. Tipos de curado

Como se ha podido observar con anterioridad el principal objetivo al realizar el curado del concreto es que pueda desarrollar su máxima hidratación con la finalidad de que no tenga poros en su estructura, ya que mientras el concreto sea menos poroso, más resistente y durable será el elemento.

Existen dos sistemas de curados, que nos permitirán hidratar al concreto de manera que este desarrolle las características deseadas:

- Aplicación de curado con agua (curado húmedo)
- Aplicación de curado con membrana

2.2.4.1.1. Curado con agua

Este sistema de curado consiste en adicionar agua durante un periodo de tiempo determinado a través de algún procedimiento, donde pueda hidratarse el concreto.

a.) Inmersión

Este procedimiento de curado resulta menos práctico en su aplicación en obra, ya que consiste en sumergir totalmente al elemento que se desea curar, pero resulta ser el procedimiento que tiene mejores resultados, generalmente es usado en los laboratorios o lugares acondicionados en obra para el curado de probetas cilíndricas.



Figura 6. Curado por inmersión.

Fuente: <http://bioclimarq.blogspot.com/2008/06/pruebas-de-resistencia-del-concreto.html>

b.) Empleo de rociadores y aspersores

Si este método es aplicado de la forma correcta, se podrá obtener buenos resultados, ya que su ventaja radica en la facilidad de su aplicado, este proceso de curado se aplica con mayor frecuencia en elementos verticales. Pero la poca frecuencia y la intermitencia muchas veces produce que el curado sea deficiente, se recomienda también que el agua para aplicarse en el curado sea el mismo que se utiliza en el amasado.

La temperatura del agua para el curado no deberá ser inferior en más de 11°C ya que podría ocasionar choques térmicos.



Figura 7. Curado por aspersión.

Fuente: (<https://www.libreriaingeniero.com/2017/11/curado-del-concreto.html>)

c.) Anegamiento o estancamiento

La aplicación de este método de curado es en elementos horizontales como losas, techos planos, pistas y etc. Para realizar este curado se debe delimitar los espacios con tierra o arena, de modo que el agua pueda quedar estancada. Tiene la ventaja de que el lapso de tiempo es mayor, pero se debe tener en consideración también la evaporación y el viento.



Figura 8. Curado por estancamiento.

Fuente: (www.concremax.com.pe/noticia/curado-concreto)

d.) Empleo de tejidos de fique o de otros materiales absorbentes

La aplicación de este método se puede dar en elementos verticales como horizontales, consiste básicamente en cubrir la superficie de los elementos con tejidos, los cuales deben humedecerse periódicamente, ya que existe el riesgo de que el tejido al encontrarse seco

pueda absorber el agua útil del concreto. Al cubrirse con los tejidos estos deberán traslaparse de manera que no exista áreas descubiertas que se vean afectadas por el viento u otros factores.

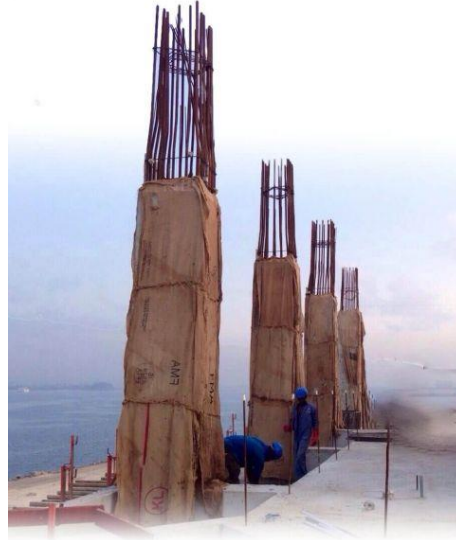


Figura 9. Curado con tejido de yute.

Fuente: (<https://www.deyute.com/sec/es/news/utilizacion-del-tejido-de-yute-para-el-curado-del-hormigon/40>)

e.) Curado con arena, tierra o aserrín

La aplicación de este método de curado es empleado en casos donde se tiene vientos muy fuertes, teniéndose una consideración en cuanto al aserrín debido a que podría generar manchas en el concreto o deteriorar el concreto puesto que el aserrín puede provenir de maderas que poseen algo contenido de ácido tánico.



Figura 10. Curado con aserrín.

Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/usos-y-aplicaciones/caminos-en-concreto-opcion-para-vias-terciarias>

2.2.4.1.2. Curado con membrana

Este como el anterior sistema de curado busca evitar la pérdida de agua en el concreto y como efecto inhabilita la posibilidad de ingreso de agua del exterior; dentro de este sistema de curado se considera las láminas de polietileno, láminas de papel impermeable y los compuestos de curado líquidos.

a.) Láminas de polietileno

Las láminas para el uso en el curado de polietileno deben tener un espesor mínimo de 0.1 mm y además cumplir con los requisitos que se dan en la norma ASTM C-171, por tener un peso bastante ligero ayuda en su colocación en las zonas horizontales en especial.

En el mercado se puede encontrar de diversos colores, pero de preferencia los plásticos transparentes y blanco se recomienda usar en zonas con un clima cálido ya que reflejan la radiación solar, y el color negro u oscuro en climas fríos de manera que absorban los rayos del sol para poder mantener las temperaturas mayores a las que tiene su ambiente.

Para acabados cara vista no es recomendable su uso ya que el plástico provoca una superficie moteada.



Figura 11. Curado con láminas de polietileno.

Fuente: (https://www.clarin.com/construccion/metodos-curado-hormigon-armado_0_r14-nn_Dmx.html)

b.) Papel impermeable

Para este tipo de curado con papel impermeable se usa dos láminas de papel kraft unidas por un adhesivo bituminoso que tiene un refuerzo con fibras y deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C-171.

Antes de la colocación del papel impermeable la superficie debe estar saturada y debe haber endurecido de manera que no ocasione daños. En caso de tener traslapes deberán ser aproximadamente de 15cm.

El método para colocarse es muy similar al de las láminas de polietileno.



Figura 12. Curado con papel impermeable.

Fuente: (<https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/>)

c.) Compuestos de curado líquido

Los compuestos de curado líquido por lo general son de resina de hidrocarburos sintéticos en disolventes de alta volatilidad, pueden estar compuestos también por materias primas como: acrílicos, caucho colorado, y emulsiones de cera.

Estos compuestos por lo general son añadidos con pigmentos de color blanco, con el propósito de reflejar la luz y también si de apoyo al operador para que pueda realizar una aplicación uniforme sobre el elemento que se va a curar.

Se recomienda aplicarla de manera uniforme e inmediatamente luego de la finalización del proceso de exudación del concreto.

Las ventajas del uso de este tipo de curado es que no requiere que se mantenga humedecido el concreto, y la fácil aplicación mediante aspersores.

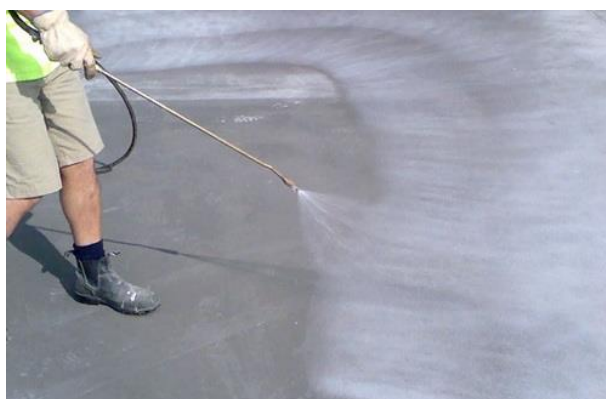


Figura 13. Compuesto de curado líquido.

Fuente: (<https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/>)

Es necesario tener en cuenta que cada situación que se presenta en el campo de trabajo es particular debido a los factores que también influyen en el curado, es por ello que para emplear algún tipo de curado se debe considerar con bastante criterio los conocimientos aprendidos por el profesional responsable.

2.3. La nanotecnología

El primer científico en utilizar el término de nanotecnología fue el japonés Norio Taniguchi en una conferencia en 1974, donde define que la nanotecnología consiste

principalmente en el procesado, separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo, molécula por molécula.

La nanotecnología se define como la ciencia aplicada, que está enfocada al diseño, caracterización, la producción y aplicación de sistemas, dispositivos y estructuras que, a través de manipular de forma controlada las nanopartículas, es capaz de producir estructuras y sistemas que cuenten con propiedades o características nuevas o superiores (Cornejo, 2015).

La nanotecnología es también el desarrollo y la aplicación práctica de estructuras y sistemas en una escala manométrica (entre 1 y 100 nanómetros). Esta terminología proviene del prefijo griego “Nano” que significa “mil millones” (una mil millonésima parte de un metro es la unidad de medida que se usa en el ámbito de la nanotecnología).

2.3.1. La nanotecnología en la construcción

La nanotecnología durante el pasar del tiempo ha tenido grandes avances, como en la industria de la química, la industria del vidrio, la industria del reciclaje, y otros, pero también se vieron avances en la industria de la construcción.

La nano-tecnología aplicada en el campo de la industria de la Construcción ha hecho que sea posible la fabricación de materiales nuevos de construcción. Estos materiales nuevos cementíceos (concretos, morteros...) presentan mejores características en cuando a la resistencia a la fisuración, una mayor resistencia a compresión y a tracción y una mayor durabilidad; y con un alto porcentaje de permeabilidad.

Los progresos y avances que se ha presentado en la obtención de partículas de tamaño nanométrico ha hecho posible el aumento de la producción de los mismos.

2.4. El nanosílice

Por el tamaño manométrico de su estructura, la comercialización de este elemento es de forma líquida mezclada con otros compuestos, lo cual da facilidad en su transporte y trabajabilidad.

Según lo indica Morejón (2015) el nanosílice tiene la propiedad de poder incrementar las resistencias inicial y final de las mezclas, utilizándose en dosis que oscilan desde 0,3 hasta los 7 % con respecto al peso del cemento.

- **Nanosílice vs microsílice**

El nanosílice está compuesta de nanopartículas de sílice, lo cual modifica su forma química, razón por la cual cambia su presentación sólida en solución, para ser estables y tener un aumento en sus propiedades de la microsílice, añadiendo además estas, las ventajas de reducir los niveles de contaminación al medio ambiente y daño a los operadores, además es un material que ya no llega a aglomerarse y contraerse, esto permite que teniendo una alta superficie efectiva de reacción, su reactividad química es eje primordial de su gran desempeño en comparación con la microsílice.

Las diferencias de las propiedades físicas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Resumen comparativo de propiedades físicas de materiales en estudios usados regularmente en el hormigón.

Material	Densidad	Tamaño de las partículas (nm)	Superficie específica (m ² /g)	Apariencia
Nanosílice	1.03 +- 0.20	3 – 150	20 – 1000	Líquido
Microsílice	0.3	100 – 200	18 – 20	Polvo seco
Cemento	0.15	50.000	0.354	Polvo seco

Nota: Fuente: Pérez, 2008.

De las investigaciones realizadas se ha podido determinar y comparar las propiedades de la microsílice con la nanosílice, llegando a la conclusión que la microsílice presenta una

estructura no homogénea en su composición y este elemento al combinarse en el momento en la fase de hidratación del cemento, con el hidróxido de Calcio forma una serie de estructuras C-S-H con muy poco ordenamiento, caso contrario es la reacción que se da con la nanosílice que muestra una menor cantidad de estructuras, pero es una combinación más pura y ordenada, con formas cristalinas más regulares que producen la misma cantidad o en mayor medida las estructuras de C-H-S.

La actividad puzolánica de la nanosílice es mayor que de la microsílice, esto es irrefutable conociendo que la actividad puzolánica depende de la composición, baja cristalinidad y superficie específica. Es así que el nanosílice al reaccionar con los cristales de CH y llega a producir C-H-S, formando así más estabilidad en su estructura. Así, la cantidad y tamaño de los cristales de CH se reducen significativamente y la resistencia a edades tempranas se incrementa. Cabe recalcar que la sílice es el compuesto más indicado por su afinidad química con el calcio y su posibilidad de formar silicatos de calcio, además la nanosílice es de una mayor pureza, menor cristalinidad, y mayor superficie específica que la microsílice (Byung-Wan Jo et al, 2006).

- **Mecanismo de acción de la nanosílice**

Las nanopartículas de sílice actúan como núcleos durante el proceso de hidratación gracias a su alta energía superficial y a la actividad de los átomos en su superficie que le permiten generar muchos más sitios de nucleación para la formación de los productos de la hidratación. Lo cual se traduce en una mejora de la adherencia del cemento hidratado y aumento en la cinética de hidratación del cemento, lo cual es muy favorable para la resistencia de los morteros (Li et al, 2004).

A demás se tiene el efecto químico de producir gel de tobermorita (CSH), por lo que se considera una productora de nanocemento, también incrementa las cadenas de silicatos, rellenando los poros e incrementando las propiedades mecánicas de los morteros y concretos.

Los resultados de experimentos desarrollados en morteros que contienen nanopartículas muestran un incremento en resistencia a compresión y flexión. Los beneficios sobre la microestructura y rendimiento de materiales basados en el cemento con nanopartículas se pueden explicar de la siguiente manera:

- La dispersión de las nano partículas actúa como centros de cristalización de hidratos de cemento, siendo así que aceleran la hidratación.
- Nanopartículas bien dispersadas incrementan la viscosidad en fase líquida ayudando a que los granos de cemento y agregados se encuentren en suspensión, mejorando la resistencia a segregación y trabajabilidad del sistema.

Que estos cristales sean pequeños los hace favorables para la resistencia de las pastas de cemento. Además, la nanosílice participa en el proceso de hidratación para generar C-S-H a través de la reacción con el Ca(OH)_2 y del aceleramiento del proceso de hidratación, este C-S-H llena los espacios vacíos para mejorar la densidad, la cohesión y la impermeabilidad. Por otro lado, la nanosílice puede rellenar los vacíos de C-S-H haciendo a la matriz más densa, mejorando la integración y estabilidad de los productos de hidratación (Ji, 2005; Li, Xiao y Ou, 2004).

Autores como Li, et al (2006) concluyen en sus diversas investigaciones que cuando las nanopartículas son adicionadas en pocas cantidades ($\leq 3\%$) se ve un incremento significativo en la resistencia a la compresión y flexión del concreto. Sin embargo, cuando se adicionan en medidas más grandes cantidades la resistencia a la flexión llega a estar por debajo de la muestra patrón (-1.87%) y la resistencia a la compresión puede ser un poco mayor (3.51%). Utilizando medidas del 1%, se tienen mejoras en la resistencia a la flexión que se mejora en un 4.21% y la compresión en 12.31%. Se observa que la resistencia a la compresión mejora cuando se añaden nanopartículas de sílice en una pequeña cantidad, este resultado es

consecuencia del aumento de la resistencia consolidada de la interfaz de la pasta de cemento-agregado por los efectos de incluir nano partículas de sílice.

2.5. Normas utilizadas

Para el procedimiento de la investigación es necesario obtener las características físicas de los agregados, esto se determina a base de las siguientes normas:

2.5.1. Granulometría

- ✓ NTP 400.012
- ✓ NTP 400.037
- ✓ NTP ASTM C136
- ✓ ASTM C33

La granulometría o análisis granulométrico es la representación numérica de la distribución volumétrica de partículas por tamaños. La utilización del orden de los tamices se toma de acuerdo a la norma NTP 300.037 ó ASTM C33 donde especifica los límites superior e inferior de los agregados y la cantidad de muestra a utilizar.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

El resultado del análisis granulométrico se representa de forma gráfica en Curvas Granulométricas, donde los ejes de las ordenadas representan el porcentaje que pasa y de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala generalmente es logarítmica, estos gráficos nos permiten una visualización mejor a la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados.

2.5.2. Módulo de fineza

- ✓ NTP 400.012
- ✓ ASTM C136

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de

fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

2.5.3. Contenido de humedad

- ✓ ASTM C566
- ✓ NTP 339.185

Los agregados pueden contener poros, los cuales se encuentran a la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos agregados al estar expuestos en la intemperie poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él se puede determinar el aporte de agua a la mezcla.

2.5.4. Peso específico y absorción

- ✓ NTP 400.022
- ✓ ASTM C128

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Para determinar el peso específico se usa en ciertos cálculos para proporcionar las mezclas y hacer el control, por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos.

2.5.5. Peso unitario suelto

- ✓ NTP 400.017
- ✓ ASTM C29

Se denomina peso unitario suelto al resultado de dividir el peso de las partículas de un agregado entre el volumen total de un recipiente, donde el recipiente es llenado con el

agregado sin ningún tipo de presión. Al incluir los espacios entre las partículas está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

El peso unitario se ve influenciado por la granulometría, su perfil y textura superficial, su grado de compactación y su peso específico.

2.5.6. Peso unitario compactado

✓ NTP 400.017

✓ ASTM C29

Este método se realiza cuando el tamaño máximo del agregado es menor a 50 milímetros (2 pulgadas). Para este método utilizamos una muestra, la cual tendrá que ser secada al aire previamente.

Capítulo III. Metodología

3.1. Tipo de la investigación

La presente investigación es del tipo correlacional, ya que se tiene como objetivo hallar las diferencias que hay en un concreto patrón y un concreto adicionado con nanosílice, en referencia a la resistencia a la compresión del concreto.

“La investigación correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández, 2006, p.93).

3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación utilizó un diseño de tipo experimental, según Tamayo (2004) indica que: “La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular” (p.47).

3.3. Enfoque de la investigación

El enfoque aplicado en esta investigación es cuantitativo, ya que: “Se usa la relación de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández, 2006, p.4).

3.4. Formulación de la hipótesis

3.4.1. Hipótesis general

Existen diferencias significativas en la variación de las resistencias a la compresión del concreto patrón con curado por inmersión frente al concreto patrón y el concreto adicionado con nanosílice simulando condiciones de curado para ambos grupos.

3.4.2. Hipótesis específica

La resistencia a la compresión de un concreto patrón con curado por inmersión es mayor frente al concreto patrón simulando condiciones de curado en obra.

La resistencia a la compresión de un concreto con nanosílice es mayor frente al concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos

La resistencia a la compresión de un concreto con nanosílice simulando condiciones de curado en obra es mayor que un concreto patrón con curado por inmersión

3.5. Variables y su operacionalización

3.5.1. Variable independiente

Adición con nanosílice.

3.5.2. Variable dependiente

Resistencia a la compresión del concreto.

3.5.3. Operacionalización de Variables

Tabla 4.
Operacionalización de variables.

Variables	Indicadores	Factor	Escala
<i>Independiente</i> Concreto adicionado con nanosílice	Porcentaje del nanosílice en el diseño de mezclas	% de nanosílice a emplear (0.5, 1 y 1.5) del peso del cemento.	0.5NS, 1.0NS, 1.5NS
<i>Dependiente</i> Resistencia a la compresión del concreto	Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM – C39)	Resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días	$f'_c(NS) > f'_c$

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.6. Muestra de estudio

La muestra viene a ser un sub grupo de la población, el cual reúne todas las características y propiedades de una población, del cual se obtienen conclusiones semejantes y de relevancia en relación al problema de estudio.

Para determinar la cantidad de la muestra se utilizó la fórmula de cálculo de población infinita, la cual se presenta a continuación:

$$n = \frac{t^2 \times s^2}{e^2}$$

Donde:

n: número de muestra

t: intervalo de confianza

s: desviación estándar

e: margen de error aceptable

Para poder calcular la población se tomó los valores de la siguiente tabla

Tabla 5.

Valores de t con los porcentajes de ensayo que caen dentro del intervalo $\mu \pm tD_s$.

% de pruebas dentro de los límites $\mu \pm tD_s$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Nota: Fuente: Pasquel (1998).

Tabla 6
Dispersión total.

Dispersión total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6

Nota: Fuente: Pasquel (1998).

Tabla 7
Dispersión entre testigos.

Dispersión entre testigos					
Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Nota: Fuente: Pasquel (1998).

Se consideró la muestra para un % de 95 de confiabilidad, para un concreto elaborado en laboratorio en un rango considerado como bueno

Reemplazando los valores en la formula se tiene

$$n = \frac{1.98^2 \times 17.6}{3^2}$$

$$n = 7.67$$

Luego de realizado el cálculo de la muestra por método probabilístico se obtiene una muestra de 8 probetas, para la presente investigación se consideró realizar 15 probetas por cada diseño.

Las muestras que fueron elaboradas para el diseño de la investigación se realizaron de acuerdo a las especificaciones siguiente:

- El diseño de mezclas fue para un concreto $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$
- Las muestras de concreto fueron briquetas cilíndricas de 6"x12"
- Agregado de cantera Isla

- En total se ensayaron 75 unidades de briquetas, de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 8.
Cantidad de muestras.

Días	Curado por inmersión	Curado simulando condiciones de obra			
	Concreto patrón	Concreto patrón	0.5% nanosílice	1.0% nanosílice	1.5% nanosílice
7	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5
28	5	5	5	5	5
Total de especímenes a ensayar					75

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.7. Materiales y caracterización de materiales

3.7.1. Cemento

Para el diseño de los especímenes se utilizó el Cemento Portland Tipo I, que cumple con las exigencias de las normas ASTM-C150 7 y NTP 334.009:2016, las características de este material se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9.
Características del cemento.

Descripción	Cemento Wari Tipo I	Tipo I NTP: 334.009 ASTM C150
<i>Características físicas</i>		
Superficie específica (cm ² /gr)	3300cm ² /gr	No especifica
Expansión de autoclave max%	0.06%	Máximo 1.5
Peso específico	3.14g/ml	No especifica
Tiempo de fraguado vicat, minutos		
Inicial	130	Mínimo 45
Final	215	Máximo 375
<i>Composición química</i>		
MgO (%)	1.78%	Máximo 6.0
So ₃ (%)	2.74%	Máximo 3.0
Pérdida de ignición (%)	2.5%	Máximo 3.5
Resido insoluble (%)	0.64%	Máximo 1.5

Nota: Fuente: Ficha técnica cemento portland Wari Tipo I.

3.7.2. Agregado grueso

El agregado grueso utilizado fue extraído de la Cantera Isla ubicada en la ciudad de Juliaca. para poder utilizar este material en el diseño es necesario determinar sus características a través de los siguientes ensayos:

a.) Granulometría

El análisis granulométrico es la acción de pasar el agregado a través de mallas o tamiz y pesar la cantidad de partículas retenidas en cada malla para finalmente sacar el porcentaje retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra.

Para la utilización de las mallas estándar se tomaron de acuerdo a la norma ASTM para un Huso 67, obteniéndose la siguiente gráfica

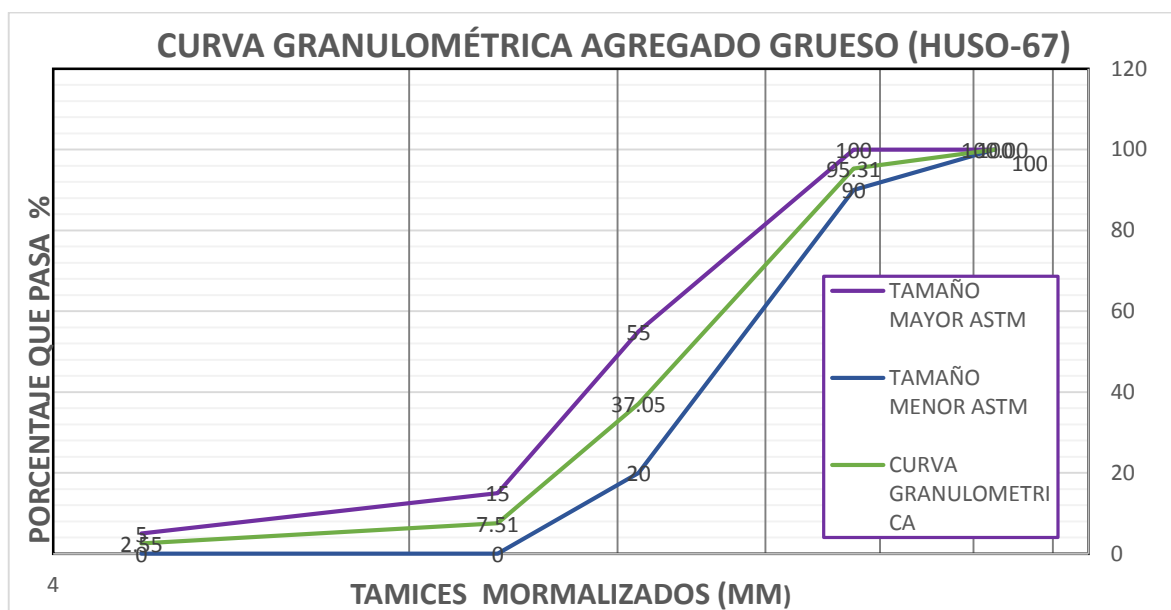


Figura 14. Curva granulométrica del agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia.

b.) Tamaño máximo, tamaño máximo nominal

“De acuerdo a la norma NTP 400.037, se observa que el tamaño máximo es de 1" y el tamaño máximo nominal es de 3/4".

c.) Módulo de fineza

Aunque su valor es menos usado, el módulo de fineza del agregado grueso se determina con la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices dividida entre 100.

El módulo de fineza del agregado grueso ensayado es: 6.95

d.) Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad es necesario realizar el siguiente procedimiento: Tomar una muestra de agregado grueso, tomar un peso inicial, se pasa a secar en el horno y luego se toma el peso de la muestra seca. Los datos obtenidos se aplican en la formula ya mencionada.

Tabla 10.

Contenido de humedad del agregado grueso.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
Nº de ensayo	1	2	3
Contenido de humedad (%)	0.798	0.779	0.746
Contenido de humedad promedio (%)	0.77		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

e.) Peso específico y absorción:

Se realizó el siguiente procedimiento

Se toma una cantidad de muestra de aproximadamente 3kg, la cual se lava, se procede a saturar la muestra durante 24 horas, luego de las 24 horas, se saca la muestra y se procede a secar superficialmente con una franela, hasta que tenga una condición de muestra saturada superficialmente seca (SSS).

A continuación, se procede tomar el peso de la muestra SSS, luego se procede a colocar la muestra en una canastilla metálica y se toma el peso sumergido en el agua, finalmente se seca la muestra, se deja enfriar y se toma el peso seco.

Tabla 11.
Peso específico y absorción.

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO			
N° de ensayo	1	2	3
P. E. Masa	2.51	2.51	2.51
P. E. Masa Promedio		2.51	
P.E. Masa SSS	2.542	2.546	2.541
P. E. Masa SSS Promedio		2.54	
P. E. Aparente	2.6	2.6	2.6
P. E. Aparente promedio		2.60	
Absorción	1.41	1.39	1.40
Absorción Promedio		1.40	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

f.) Peso unitario

Se utiliza un recipiente seco, limpio con su peso y capacidad conocidos.

Para el peso unitario suelto, llenar el recipiente con el agregado, enrasar y pesar.

Para el peso unitario compactado, llenar el recipiente con el agregado en tres capas aplicando 25 golpes por cada capa con una varilla de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud con punta redondeada, enrasar y pesar.

Tabla 12.
Peso unitario suelto del agregado grueso.

DESCRIPCION	AGREGADO GRUESO SUELTO		
Número de ensayo	1	2	3
Densidad aparente (kg/m ³)	1599.936	1596.313	1587.158
Densidad aparente prom (kg/m³)		1594.47	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Peso unitario compactado del agregado grueso.

DESCRIPCION	AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
	1	2	3
Número de ensayo			
Densidad aparente (kg/m ³)	1630.261	1625.874	1633.693
Densidad aparente prom (kg/m³)	1629.94		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

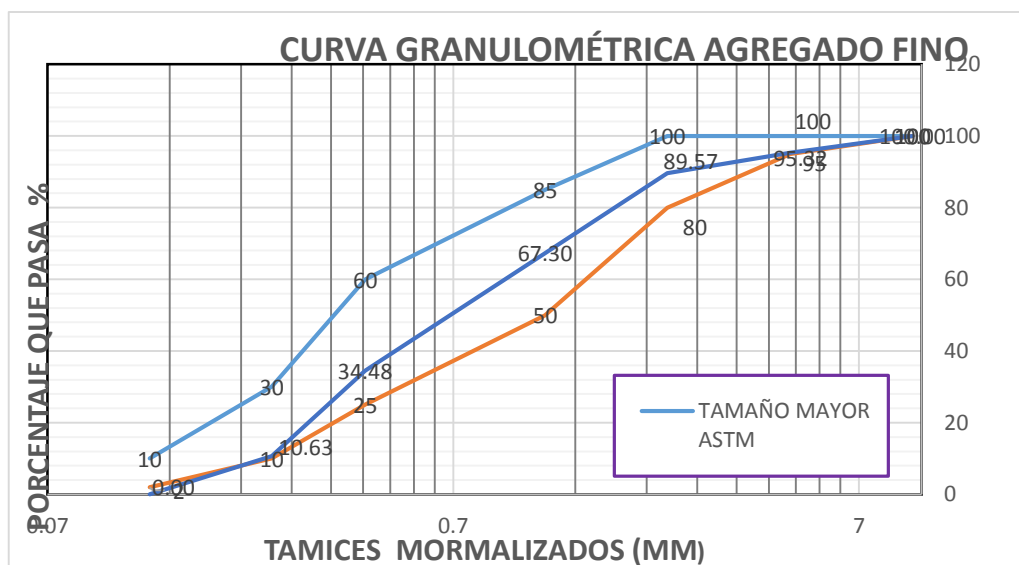
3.7.3. Agregado fino

El agregado fino utilizado fue extraído de la Cantera Isla ubicada en la ciudad de Juliaca. para poder utilizar este material en el diseño es necesario determinar sus características a través de los siguientes ensayos.

a.) Granulometría

El análisis granulométrico es la acción de pasar el agregado a través de mallas o tamiz y pesar la cantidad de partículas retenidas en cada malla para finalmente sacar el porcentaje retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra.

Para la utilización de las mallas estándar se tomaron de acuerdo a la norma ASTM, se obtuvo el siguiente gráfico.



b.)Módulo de fineza

Aunque su valor es menos usado, el módulo de fineza del agregado grueso se determina sumando los porcentajes retenidos acumulados.

El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 2.98

c.) Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad fue necesario realizar el siguiente procedimiento: Tomar una muestra de agregado grueso, tomar un peso inicial, se pasa a secar en el horno y luego se toma el peso de la muestra seca. Los datos obtenidos se aplican en la formula ya mencionada.

Tabla 14.

Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
N° de ensayo	1	2	3
N° de tara	T-01	T-02	T-03
Contenido de humedad (%)	0.952	0.962	0.974
Contenido de humedad promedio (%)		0.96	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

d.)Peso específico y absorción

Tabla 15.

Peso específico del agregado fino y absorción.

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO			
N° de ensayo	1	2	3
P. E. Masa	2.43	2.44	2.45
P. E. Masa Promedio		2.44	
P.E. Masa SSS	2.51	2.52	2.53
P. E. Masa SSS Promedio		2.52	
P. E. Aparente	2.64	2.64	2.68
P. E. Aparente promedio		2.65	
Absorción (%)	3.31	3.09	3.52
Absorción Promedio (%)		3.31	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

e.) Peso unitario

Tabla 16

Peso unitario suelto del agregado fino.

DESCRIPCION	AGREGADO FINO SUELTO		
N° de ensayo	1	2	3
Densidad aparente (kg/m ³)	1763.573	1766.052	1762.619
Densidad aparente prom. (kg/m³)	1764.08		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

Peso unitario compactado del agregado fino.

DESCRIPCION	AGREGADO FINO COMPACTADO		
N° de ensayo	1	2	3
Densidad aparente (kg/m ³)	1808.010	1814.304	1814.304
Densidad aparente prom (kg/m³)	1812.21		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.7.4. Agua

El agua utilizada en la presente investigación fue tomada directamente desde la red de suministro de agua potable en la ciudad de Juliaca.

3.7.5. Nanosílice

Se ha utilizado nanosílice como adición cementante, cuyas características se presentan en los anexos.

3.8. Diseño de mezclas

El documento ACI 211.1 ha desarrollado un procedimiento para poder realizar el diseño de mezclas de una forma simple, este procedimiento está basado en tablas, dichas tablas nos permiten determinar las cantidades de los diferentes elementos del concreto a usarse en una mezcla, estas cantidades están en función a una unidad cubica de concreto.

Para la elaboración del diseño de mezclas es necesario contar con los datos de las características físicas de los materiales analizados en el laboratorio, los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 18.
Características de los agregados.

Características	Agregado fino	Agregado grueso
Peso Específico de masa seca (Kg/m ³)	2.44	2.51
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1812.21	1629.94
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1764.08	1594.47
Tamaño Máximo (pulg)		1"
Tamaño Máximo Nominal (Pulg)		3/4"
Módulo de Fineza	2.98	6.95
Absorción (%)	3.31	1.40
Contenido de Humedad (%)	0.96	0.77

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.8.1. Diseño de mezcla patrón

Para realizar el diseño de muestras patrón se siguió el procedimiento indicado por el ACI

a.) Proporciones en peso de los materiales

$$\text{Cemento} = 366.1/366.1 = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = 659 / 366.1 = 1.80$$

$$\text{Agregado Grueso} = 988.8/366.1 = 2.70$$

$$\text{Agua} = 227/360.7 = 0.62$$

b.) Cantidad de materiales por Bolsa

$$\text{Cemento} = 1.00 \times 42.5 = 42.50 \text{ Kg/Bl}$$

$$\text{Agua efectiva} = 0.62 \times 42.5 = 26.30 \text{ Lt/Bl}$$

$$\text{Agregado Fino} = 1.80 \times 42.5 = 76.50 \text{ Kg/Bl}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 2.70 \times 42.5 = 114.8 \text{ Kg/Bl}$$

3.8.2. Diseño de mezcla con nanosílice

De acuerdo a los datos obtenidos en el diseño de mezclas de concreto en la sección anterior, se elaboraron 6 muestras de prueba, con la finalidad de realizar reajuste en las cantidades de los materiales, este reajuste se realizó en función de los resultados de ensayos de asentamiento y de resistencia a compresión a los 7 días. Luego de realizarse las muestras de

prueba se obtuvieron las dosificaciones definitivas para el CP, 0.5NS, 1.0NS y 1.5NS que corresponderían a 0%, 0,5%, 1.0% y 1.5% de nanosílice con respecto al peso del cemento.

Tabla 19.

Dosificación de concretos, contenido por m3 de mezcla.

Descripción	Concreto patrón (CP)	0.5% de nanosílice (0.5NS)	1.0% de nanosílice (1.0NS)	1.5% de nanosílice (1.5NS)
Cemento	366.1	366.1	366.1	366.1
Agregado fino	659	659	659	659
Agregado grueso	988.8	988.8	988.8	988.8
Agua (lt)	226.52	203.85	158.55	147.22
Nanosílice	0	1.830	3.661	5.491

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.9. Procedimiento de investigación

Para la elaboración de mezclas de concreto se utilizó de acuerdo a las medidas obtenidas del diseño según el método descrito anteriormente, para que la mezcla sea de manera uniforme se realizó a través de una mezcladora tipo trompo de 6 pies.

Se pesaron los materiales según las cantidades especificadas en el diseño, en la mezcladora se añadió primero un tercio del agua de mezcla, luego se añadieron los agregados, seguidamente fue vertido el cemento, y finalmente se añadió el restante de agua y el aditivo nanosílice, se dejó que la mezcla fuera batida en la maquina durante tres minutos, luego de ello se realizó el ensayo de asentamiento que cumpla dentro de 3 a 4 pulgadas, para que finalmente se elaboren las probetas para los ensayos en estado endurecido.

3.10. Diseño de las probetas de concreto.

Para los ensayos de caracterización mecánica y de durabilidad se utilizó probetas ó briquetras de 6" x 12" (150 mm de diámetro x 300 mm de altura). Las probetas y la elaboración de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033.

Para realizar el ensayo del concreto simulando condiciones de curado en obra, se fabricaron en las mismas probetas mencionadas en el anterior párrafo.

Moldeado de los cilindros de prueba

- Se colocó los moldes de cilindros en una superficie nivelada.
- Se engrasó con aceite la pared interna y la base interior de los moldes cilíndricos.
- Se procedió a llenar en tres capas iguales con la cuchara.
- Se compactó cada capa apisonando, con una varilla de 5/8" en caso de los moldes de 6"x12", con 25 golpes de forma uniforme.
- Se enrazó la parte superior con la plancha de albañil para obtener una superficie lisa y nivelada.
- Para finalizar el proceso del diseño de las briquetas se marcó en la superficie la fecha y el tipo de concreto vaciado.

3.11. Curado de especímenes

Luego de las 24 horas del vaciado, las muestras fueron extraídas de los moldes y se pasaron a curar de las siguientes formas:

- **Curado por inmersión:** O curado de laboratorio, las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a 24 horas del vaciado, según la norma ASTM C 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de 23 ± 2 °C. de acuerdo a la teoría expuesta en la sección anterior se sabe que el curado por inmersión es mejor en cuanto a sus resultados en la resistencia a la compresión ya que está en constante proceso de hidratación. En nuestra investigación se sometió al curado por inmersión durante los 28 días de vida.

La aplicación de este tipo de curado se realizó para el siguiente grupo de muestra:

Concreto patrón (CPCC, concreto patrón con curado por inmersión)

- **Curado por aspersión:** el curado por aspersión según la teoría explicada debería de realizarse de forma constante, en nuestra investigación se aplicó el curado que generalmente

se suele realizar en obra, dos veces al día 10:00am y 3.00pm, durante los primeros 7 días de vida.

La aplicación de este tipo de curado se realizó para los siguientes tipos de muestra:

- Concreto patrón (CPSCC, concreto patrón simulando condiciones de curado en obra)
- Concreto adicionado con nanosílice al 0.5% (NS0.5%)
- Concreto adicionado con nanosílice al 1.0% (NS1.0%)
- Concreto adicionado con nanosílice al 1.5% (NS1.5%)

3.12. Ensayos de propiedades del concreto

En este apartado se describen los métodos de los ensayos realizados a las mezclas de concreto, los ensayos para determinar las propiedades se realizan en estado fresco y endurecido en las probetas patrón y de las simulaciones de curado en obra.

3.12.1. Ensayo en el concreto fresco.

El ensayo se realizó una vez finalizada cada tandada de concreto, utilizando el cono de Abrams y equipos necesarios, según lo descrito en la Norma Técnica Peruana NTP 339.035.

3.12.2. Ensayo en el concreto endurecido

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron según la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034. Se utilizaron probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y de 300 mm de altura. Para cada tipo de concreto se ensayaron 5 probetas a 7, 14 y 28 días de edad; ya sea para los especímenes patrón y los especímenes adicionados con nanosílice.

Tabla 20.
Resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)					
EDAD	CPCC	CPSCC	NS0.5%	NS1.0%	NS1.5%
0 Días	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 Días	162.82	122.53	153.82	205.18	236.15
14 Días	193.45	138.37	216.91	275.07	262.43
28 Días	223.87	157.10	244.34	309.51	294.54

Nota: Fuente: Elaboración propia.

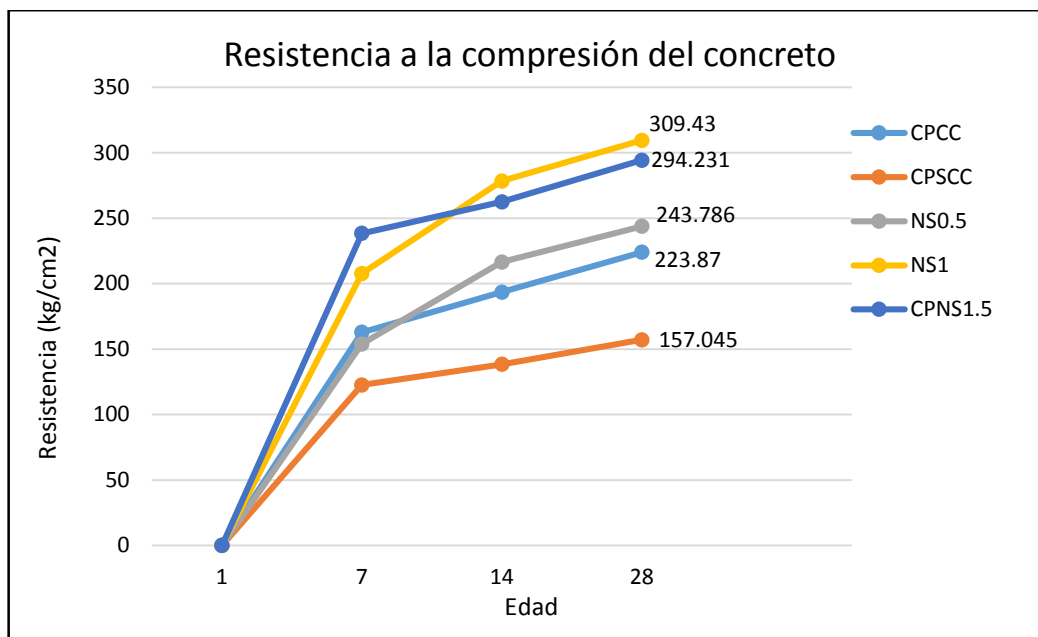


Figura 16. Resistencia a la compresión del concreto.
Fuente: Elaboración propia

3.13. Diseño de la prueba de hipótesis

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a los estadígrafos como son: la desviación estándar, la media, etc., se obtienen parámetros que nos permiten obtener las estadísticas de una población basadas en técnicas como son: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros.

Tabla 21.

Diseño de la hipótesis estadística: Existen diferencias significativas en la variación de las resistencias a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

Descripción	Planteamiento	Interpretación del planteamiento
Hipótesis nula	$H_0: u_1 = u_2$	No existen diferencias significativas en la variación de las resistencias a la compresión del CPCC frente al CPSCC y NS simulando condiciones de curado en obra.
Hipótesis de investigación	$H_i: u_1 \neq u_2$	Existen diferencias significativas en la variación de las resistencias a la compresión del CPCC frente al CPSCC y NS simulando condiciones de curado en obra

Nota: Fuente: Elaboración propia, CPCC: concreto patrón con curado por inmersión, CPSCC concreto patrón simulando condiciones de curado en obra; NS: concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5%. u_1 : CPCC; u_2 : CPSCC y NS.

Tabla 22.

Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del CPCC es mejor que un CPSCC.

Descripción	Planteamiento	Interpretación del planteamiento
Hipótesis nula	$H_0: u_1 \geq u_2$	La resistencia a la compresión de CPCC es MENOR frente al CPSCC.
Hipótesis de investigación	$H_i: u_1 \leq u_2$	La resistencia a la compresión de CPCC es MAYOR frente al CPSCC.

Nota: Fuente: Elaboración propia, CPCC: concreto patrón con curado por inmersión, CPSCC concreto patrón simulando condiciones de curado en obra; u1: CPSCC; u2: CPCC.

Tabla 23.

Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del concreto con NS es mejor que el CPSCC.

Descripción	Planteamiento	Interpretación del planteamiento
Hipótesis nula	$H_0: u_1 \geq u_2$	La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con NS simulando condiciones de curado en es MENOR frente al CPSCC.
Hipótesis de investigación	$H_i: u_1 \leq u_2$	La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con NS simulando condiciones de curado en es MAYOR frente al CPSCC.

Nota: Fuente: Elaboración propia, CPSCC concreto patrón simulando condiciones de curado en obra; NS: concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% a. u1: CPSCC; u2: NS.

Tabla 24.

Diseño de la hipótesis estadística: La resistencia a la compresión del concreto con NS es mejor que el CPCC.

Descripción	Planteamiento	Interpretación del planteamiento
Hipótesis nula	$H_0: u_1 \geq u_2$	La resistencia a la compresión de un concreto con NS simulando condiciones de curado en obra es MENOR que un CPCC.
Hipótesis de investigación	$H_i: u_1 \leq u_2$	La resistencia a la compresión de un concreto con NS simulando condiciones de curado en obra es MAYOR que un CPCC

Nota: Fuente: Elaboración propia, CPCC: concreto patrón con curado por inmersión; NS: concreto adicionado con nanosílice simulando condiciones de curado en obra. u1: CPCC; u2: NS.

Capítulo IV. Resultados y discusión

4.1. Presentación de resultados:

4.1.1. Trabajabilidad

Para medir la trabajabilidad del diseño de las mezclas se utilizó la prueba de revenimiento o ensayo de asentamiento en el cono de Abrams, siguiendo la norma ASTM C 143.

Con el ensayo de asentamiento se logra apreciar que el uso de nanosílice te da una mejor trabajabilidad en el concreto fresco.

Tabla 25.
Ensayo de asentamiento.

Nanosílice	Slump (pulgadas)	Cantidad de agua por m3	%
0%	3 – 4	226.50	100
0.5%	3 – 4	203.85	90
1.0%	3 – 4	158.55	70
1.5%	3 – 4	147.23	65

Nota: Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Resistencia a la compresión

A continuación, se presentan los resultados de las resistencias obtenidas luego de ser sometidas al ensayo de resistencia a la compresión a cada grupo de muestra a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Tabla 26.

Resistencia a la compresión del CPCC a los 7 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
7	14.92	174.83	210.00	67.00%	27939	159.80	76.10%	9.10%		
7	14.96	175.77	210.00	67.00%	28420	161.69	76.99%	9.99%		
7	15.27	183.13	210.00	67.00%	29624	161.76	77.03%	10.03%	162.82	177.53%
7	15.27	183.13	210.00	67.00%	30137	164.56	78.36%	11.36%		
7	14.87	173.66	210.00	67.00%	28875	166.27	79.18%	12.18%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27.

Resistencia a la compresión del CPCC a los 14 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
14	14.88	173.90	210.00	86.00%	33103	190.36	90.65%	4.65%		
14	14.86	173.43	210.00	86.00%	33913	195.54	93.11%	7.11%		
14	15.17	180.74	210.00	86.00%	34742	192.22	91.53%	5.53%	193.45	92.12%
14	14.94	175.30	210.00	86.00%	34419	196.34	93.49%	7.49%		
14	15.16	180.50	210.00	86.00%	34798	192.78	91.80%	5.80%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28.

Resistencia a la compresión del CPCC a los 28 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
28	15.11	179.32	210.00	100.00%	39654	221.14	105.30%	5.30%		
28	15.11	179.32	210.00	100.00%	39526	220.43	104.97%	4.97%		
28	14.94	175.30	210.00	100.00%	39473	225.17	107.22%	7.22%	223.87	106.60%
28	14.83	172.73	210.00	100.00%	39275	227.38	108.27%	8.27%		
28	14.89	174.13	210.00	100.00%	39219	225.23	107.25%	7.25%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Resistencia a la compresión del CPSCC a los 7 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
7	15	183	210	67.00%	23098	125.96	59.98%	-7.02%		
7	15	181	210	67.00%	22508	124.04	59.07%	-7.93%		
7	15	174	210	67.00%	21056	120.92	57.58%	-9.42%	122.53	58.35%
7	15	178	210	67.00%	21352	120.19	57.23%	-9.77%		
7	15	174	210	67.00%	21137	121.55	57.88%	-9.12%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30.

Resistencia a la compresión del CPSCC a los 14 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm2	Resist. diseño Kg/cm2	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
14	15	174	210	86.00%	24098	138.58	65.99%	-20.01%		
14	15	186	210	86.00%	25092	134.89	64.23%	-21.77%		
14	15	176	210	86.00%	24711	140.58	66.94%	-19.06%	138.36	65.89%
14	15	176	210	86.00%	24522	139.70	66.52%	-19.48%		
14	15	176	210	86.00%	24270	138.08	65.75%	-20.25%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31.

Resistencia a la compresión del CPSCC a los 28 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm2	Resist. diseño Kg/cm2	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
28	15	175	210	100.00%	27320	155.84	74.21%	-25.79%		
28	15	176	210	100.00%	27600	157.02	74.77%	-25.23%		
28	15	175	210	100.00%	27776	158.87	75.65%	-24.35%	157.10	74.81%
28	15	175	210	100.00%	28070	160.12	76.25%	-23.75%		
28	15	179	210	100.00%	27439	153.63	73.16%	-26.84%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32.

Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 7 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
7	14.99	176.48	210	67.00%	26890	152.37	72.56%	5.56%		
7	15.07	178.37	210	67.00%	27032	151.55	72.17%	5.17%		
7	14.99	176.48	210	67.00%	27123	153.69	73.19%	6.19%	153.82	73.25%
7	14.89	174.13	210	67.00%	27454	157.66	75.08%	8.08%		
7	15.02	177.19	210	67.00%	27257	153.83	73.25%	6.25%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33.

Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 14 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
14	14.84	172.96	210	86.00%	37458	216.56	103.13%	17.13%		
14	14.88	173.90	210	86.00%	37452	215.37	102.56%	16.56%		
14	15.23	182.18	210	86.00%	39709	217.97	103.80%	17.80%	216.91	103.29%
14	14.82	172.50	210	86.00%	37525	217.54	103.59%	17.59%		
14	14.94	175.30	210	86.00%	38060	217.11	103.39%	17.39%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34.

Resistencia a la compresión del NS0.5 a los 28 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
28	14.91	174.60	210	100.00%	42862	245.49	116.90%	16.90%		
28	15.07	178.37	210	100.00%	43330	242.93	115.68%	15.68%		
28	15.17	180.74	210	100.00%	44214	244.62	116.49%	16.49%	244.34	116.35%
28	15.27	183.13	210	100.00%	44879	245.06	116.70%	16.70%		
28	14.88	173.90	210	100.00%	42362	243.60	116.00%	16.00%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35.

Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 7 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
7	15.08	178.60	210	67.00%	36444	204.05	97.17%	30.17%		
7	15.10	179.08	210	67.00%	36913	206.13	98.16%	31.16%		
7	15.11	179.32	210	67.00%	36634	204.30	97.29%	30.29%	205.18	97.70%
7	14.96	175.77	210	67.00%	36098	205.37	97.79%	30.79%		
7	15.01	176.95	210	67.00%	36458	206.04	98.11%	31.11%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36.

Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 14 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
14	14.89	174.13	210	86.00%	48026	275.80	131.33%	45.33%		
14	15.15	180.27	210	86.00%	49468	274.42	130.67%	44.67%		
14	15.18	180.98	210	86.00%	49787	275.09	131.00%	45.00%	275.07	130.99%
14	14.95	175.54	210	86.00%	48078	273.89	130.42%	44.42%		
14	15.28	183.37	210	86.00%	50637	276.14	131.50%	45.50%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37.

Resistencia a la compresión del NS1.0 a los 28 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
28	15.04	177.66	210	100.00%	54989	309.52	147.39%	47.39%		
28	14.93	175.07	210	100.00%	54073	308.87	147.08%	47.08%		
28	14.84	172.96	210	100.00%	53315	308.24	146.78%	46.78%	309.51	147.39%
28	14.78	171.57	210	100.00%	53180	309.96	147.60%	47.60%		
28	15.08	178.60	210	100.00%	55542	310.98	148.08%	48.08%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38.

Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 7 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
7	15.15	180.27	210	67.00%	42275	234.51	111.67%	44.67%		
7	15.04	177.66	210	67.00%	42251	237.82	113.25%	46.25%		
7	15.20	181.46	210	67.00%	42813	235.94	112.35%	45.35%	236.15	112.45%
7	14.94	175.30	210	67.00%	41784	238.35	113.50%	46.50%		
7	15.03	177.42	210	67.00%	41541	234.14	111.49%	44.49%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39.

Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 14 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm ²	Resist. diseño Kg/cm ²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
14	15.03	177.42	210	86.00%	46721	263.33	125.40%	39.40%		
14	15.04	177.66	210	86.00%	46415	261.26	124.41%	38.41%		
14	15.02	177.19	210	86.00%	46948	264.96	126.17%	40.17%	262.43	124.97%
14	15.06	178.13	210	86.00%	46470	260.88	124.23%	38.23%		
14	15.23	182.18	210	86.00%	47682	261.74	124.64%	38.64%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40.

Resistencia a la compresión del NS1.5 a los 28 días de edad.

Edad	Diámetro cm	Área cm²	Resist. diseño Kg/cm²	% Resist. a alcanzar	Lectura Dial	Resistencia Obtenida	Resistencia %	% increm. o dismin.	Resist. Prom.	% prom.
28	14.87	173.66	210	100.00%	51786	298.20	142.00%	42.00%		
28	14.89	174.13	210	100.00%	51514	295.83	140.87%	40.87%		
28	14.95	175.54	210	100.00%	51584	293.86	139.93%	39.93%	294.54	140.26%
28	14.98	176.24	210	100.00%	51274	290.93	138.54%	38.54%		
28	15.07	178.37	210	100.00%	52423	293.90	139.95%	39.95%		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta los promedios de las resistencias a la compresión

Tabla 41.

Promedios de la resistencia a la compresión del concreto.

DÍAS	CPCC	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
0 Días	0	0	0	0	0
7 Días	162.816	122.532	153.82	205.178	236.152
14 Días	193.448	138.366	216.91	275.068	262.434
28 Días	223.87	157.096	244.34	309.514	294.544

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el laboratorio se puede observar que el concreto patrón en condiciones de curado de obra no alcanza la resistencia de diseño, sin embargo, los resultados del concreto adicionado con nanosílice en condiciones de curado de obra muestran resultados que están por encima de la resistencia de diseño, indicando que se tiene una influencia positiva del nanosílice en el concreto.

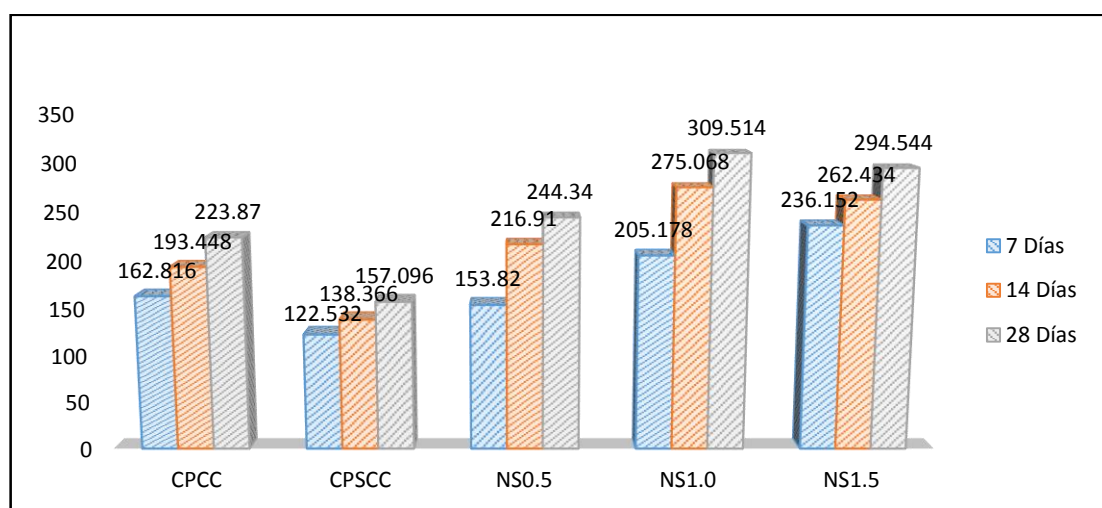


Figura 17. Evolución de la resistencia a la compresión para los diferentes porcentajes de nanosílice.

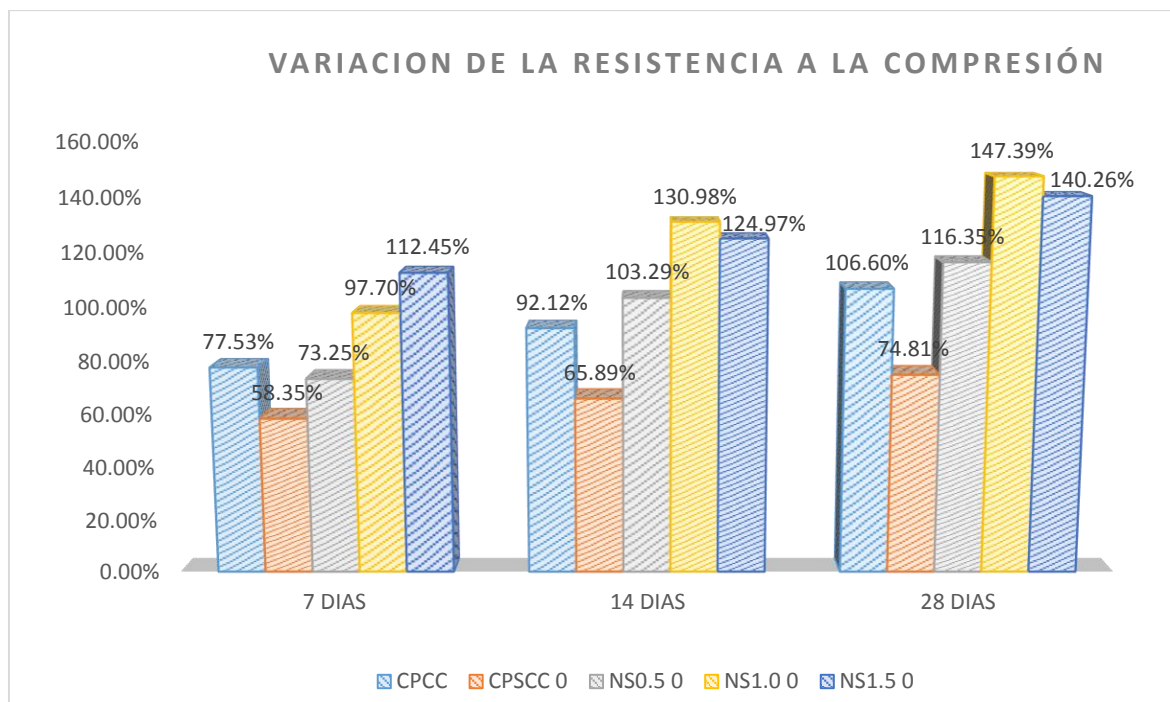


Figura 18. Variación de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. En relación a la hipótesis general

4.2.1.1. Estadísticos descriptivos

En la tabla se muestra que los porcentajes de la resistencia a compresión del CPCC se encuentran por encima de la resistencia de diseño, además se presentan diferencias con respecto al CPSCC, NS0.5%, NS1.0% y NS1.5% a los 7, 14 y 28 días de vida

Tabla 42.

Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

EDAD	Resistencia teórica	CPCC	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
7	kg/cm ²	140.70	162.816	122.532	153.82	205.178
	%	67.00	77.53	58.35	73.25	97.70
14	kg/cm ²	180.60	193.448	138.366	216.91	275.068
	%	86.00	92.12	65.89	103.29	130.98
28	kg/cm ²	210.00	223.87	157.096	244.34	309.514
	%	100.00	106.60	74.81	116.35	147.39

Nota: Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias

La tabla muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 162.81kg/cm², 122.53kg/cm², 153.82kg/cm², 205.17kg/cm² y 236.15kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.57152 frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 2.40172, 2.34617, .96559 y 1.89754 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 7 días de edad.

Tabla 43.

Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 7 días de edad.

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Error estándar
Resistencia a la compresión a los 7 días de edad	CPCC	5	162.8160	2.57152	1.15002
	CPSCC	5	122.5320	2.40172	1.07408
	NS0.5	5	153.8200	2.34617	1.04924
	NS1.0	5	205.1780	.96559	.43183
	NS1.5	5	236.1520	1.89754	.84861

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

La tabla muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5, donde se aprecia que la media es de 193.45kg/cm², 138.37kg/cm², 216.91kg/cm², 275.07kg/cm² y 262.43kg/cm respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.46120, frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 2.17322, 1.00680, .93449 y 1.69251 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 14 días de edad.

Tabla 44.

Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 14 días de edad.

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Error estándar
Resistencia a la compresión a los 14 días de edad	CPCC	5	193.4480	2.46120	1.10068
	CPSCC	5	138.3660	2.17322	.97189
	NS0.5	5	216.9100	1.00680	.45026
	NS1.0	5	275.0680	.93449	.41792
	NS1.5	5	262.4340	1.69251	.75691

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

La tabla muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 223.87kg/cm², 157.10kg/cm², 244.34kg/cm², 309.51kg/cm² y 294.54kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.96421 frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 2.54402, 1.05534, 1.04713 y 2.69090 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 28 días de edad.

Tabla 45.

Estadísticos de grupo para la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 28 días de edad.

	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Error estándar
Resistencia a la compresión a los 28 días de edad	CPCC	5	223.8700	2.96421	1.32564
	CPSCC	5	157.0960	2.54402	1.13772
	NS0.5	5	244.3400	1.05534	.47196
	NS1.0	5	309.5140	1.04713	.46829
	NS1.5	5	294.5440	2.69090	1.20341

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

4.2.1.3. Prueba de hipótesis para muestras

La tabla demuestra que los estadísticos de prueba de hipótesis para medias independientes muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 para los 7, 14 y 28 días de edad respectivamente, valor que se encuentra por debajo de .05 es decir, que a un nivel de

significancia del 5% existe al menos una diferencia significativa entre los grupos de la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC Y NS.

Tabla 46.

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

		Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig
Resistencia a la compresión a los 7 días	Entre grupos	39970.832	4	9992.708	2228.671	.000
	Dentro de grupos	89.674	20	4.484		
	Total	40060.506	24			
Resistencia a la compresión a los 14 días	Entre grupos	60869.256	4	15217.314	4898.729	.000
	Dentro de grupos	62.128	20	3.106		
	Total	60931.383	24			
Resistencia a la compresión a los 28 días	Entre grupos	73934.405	4	18483.601	3740.145	.000
	Dentro de grupos	98.839	20	4.942		
	Total	74033.244	24			

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto para CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 – Estadístico SPSS, ANOVA.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por T de Dunett (bilateral), muestran un valor de significancia de .000, .000, .000 y .000 del concreto CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 7 días de edad, valores que se encuentran por debajo de 05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% existen diferencias significativas en las variaciones de las resistencias a la compresión del concreto con CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC.

Tabla 47.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 7 días de edad.

						Intervalo de confianza al 95%	
	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 7 días	CPSCC	CPCC	-40.28400	1.33921	.000	-43.8343	-36.7337
	NS0.5	CPCC	-8.99600	1.33921	.000	-12.5463	-5.4457
	NS1.0	CPCC	42.36200	1.33921	.000	38.8117	45.9123
	NS1.5	CPCC	73.33600	1.33921	.000	69.7857	76.8863

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto para CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por T de Dunett (bilateral), muestran un valor de significancia de .000, .000, .000 y .000 del concreto CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 14 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% existen diferencias significativas en las variaciones de las resistencias a la compresión del concreto con CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC.

Tabla 48.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 14 días de edad.

						Intervalo de confianza al 95%	
	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a 14 días	CPSCC	CPCC	-55.08200	1.11470	.000	-58.0371	-52.1269
	NS0.5	CPCC	23.46200	1.11470	.000	20.5069	26.4171
	NS1.0	CPCC	81.62000	1.11470	.000	78.6649	84.5751
	NS1.5	CPCC	68.98600	1.11470	.000	66.0309	71.9411

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto para CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por T de Dunett (bilateral), muestran un valor de significancia de .000, .000, .000 y .000 del concreto CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 28 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% existen diferencias significativas en las variaciones de las resistencias a la compresión del concreto con CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC.

Tabla 49.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (bilateral) para la resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

						Intervalo de confianza al 95%	
	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a 28 días	CPSCC	CPCC	-66.77400	1.40598	.000	-70.5013	-63.0467
	NS0.5	CPCC	20.47000	1.40598	.000	16.7427	24.1973
	NS1.0	CPCC	85.64400	1.40598	.000	81.9167	89.3713
	NS1.5	CPCC	70.67400	1.40598	.000	66.9467	74.4013

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto para CPCC, CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 – Estadístico SPSS.

4.2.1.4. Planteamiento de hipótesis

Hi: $u_1 \neq u_2$. Existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

Ho: $u_1 = u_2$ No existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5

4.2.1.5. Regla de decisión

Rechazar Ho si $\text{sig.} < \alpha$

Aceptar Ho si $\text{sig.} > \alpha$

4.2.1.6. Estadístico de prueba

El análisis de prueba a través del estadístico ANOVA y las pruebas post hoc t de Dunett, demuestran que sí existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión del concreto CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

4.2.1.7. Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza Ho, o se rechaza Ho y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para distintas edades del concreto.

Para los 7 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 50.

Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 7 días de edad.

	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 en cada una de las comparaciones múltiples post hoc, entonces se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna para todos los estadísticos de prueba; declarando que existen diferencias significativas en las variaciones de la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 7 días de edad.

Para los 14 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 51.

Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 14 días de edad.

	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 en cada una de las comparaciones múltiples post hoc, entonces se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna para todos los estadísticos de prueba; declarando que existen diferencias significativas en las variaciones de la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 14 días de edad.

Para los 28 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 52.

Decisión de la H_0 con la t Dunnett, para los 28 días de edad.

	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 en cada una de las comparaciones múltiples post hoc, entonces se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna para todos los estadísticos de prueba; declarando que existen diferencias significativas en las variaciones de la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 28 días de edad.

4.2.1.8. Conclusión

Se concluye que a un nivel de significancia del 5% existen diferencias significativas en la variación de la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

4.2.2. En relación a la primera hipótesis específica

4.2.2.1. Estadísticos descriptivos

En la tabla se muestra que los porcentajes de la resistencia a compresión del CPCC se encuentran por encima de la resistencia de diseño, mientras que el CPSCC se encuentran por debajo de la resistencia de diseño a los 7, 14 y 28 días de vida.

Tabla 53.

Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC y CPSCC.

EDAD		Resistencia teórica	CPCC	CPSCC
7	kg/cm ²	140.70	162.816	122.532
	%	67.00	77.53	58.35
14	kg/cm ²	180.60	193.448	138.366
	%	86.00	92.12	65.89
28	kg/cm ²	210.00	223.87	157.096
	%	100.00	106.60	74.81

Fuente: Notas: Elaboración propia.

4.2.2.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias

En la tabla 43 (ver página 87) se muestran las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC, donde se aprecia que la media es de 162.82kg/cm², y 122.53kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.57152 frente al CPSCC de 2.40172, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 7 días de edad.

En la tabla 44 (ver página 88) se muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC y CPSCC donde se aprecia que la media es de 193.45kg/cm², y 138.37kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.46120, frente al CPSCC de 2.17322; indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 14 días de edad.

En la tabla 45 (ver página 88) se muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC y CPSCC donde se aprecia que la media es de 223.87kg/cm², y 157.10kg/cm², respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.96421 frente al CPSCC de 2.54402, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 28 días de edad.

4.2.2.3. Prueba de hipótesis para grupos CPCC y CPSCC

La tabla demuestra que los estadísticos de prueba de hipótesis para medias independientes muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 para los 7, 14 y 28 días de edad respectivamente, valor que se encuentra por debajo de .05 es decir, que a un nivel de significancia del 5% existe una diferencia significativa entre los grupos de la resistencia a la compresión del CPCC, CPSCC Y NS.

Tabla 54.

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión CPCC y CPSCC.

		Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig
Resistencia a la compresión a los 7 días	Entre grupos	4057.002	1	4057.002	655.359	.000
	Dentro de grupos	49.524	8	6.191		
	Total	4106.526	9			
Resistencia a la compresión a los 14 días	Entre grupos	7585.067	1	7585.067	1407.196	.000
	Dentro de grupos	43.122	8	5.390		
	Total	7628.188	9			
Resistencia a la compresión a los 28 días	Entre grupos	11146.918	1	11146.918	1461.069	.000
	Dentro de grupos	61.034	8	7.629		
	Total	11207.952	9			

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto para CPCC y CPSCC – Estadístico SPSS.

4.2.2.4. Planteamiento de hipótesis

Hi: $u_1 \leq u_2$. La resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

Ho: $u_1 \geq u_2$ La resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es menor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

4.2.2.5. Regla de decisión

Rechazar Ho si sig. < α

Aceptar Ho si sig. > α

4.2.2.6. Estadístico de prueba

El análisis de prueba a través del estadístico, demuestran que la resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

4.2.2.7. Toma de decisión

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05, se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alterna; declarando que la resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

4.2.2.8. Conclusión

Se concluye que a un nivel de significancia del 5% la resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

4.2.3. En relación a la segunda hipótesis específica

4.2.3.1. Estadísticos descriptivos

En la tabla se muestra que los porcentajes de la resistencia a compresión del NS0.5, NS1.0 y NS1.5 son mayores que el CPSCC, a los 7, 14 y 28 días de vida.

Tabla 55.

Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

EDAD		Resistencia de teórica	CPSCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
7	kg/cm2	140.70	122.532	153.82	205.178	236.152
	%	67.00	58.35	73.25	97.70	112.45
14	kg/cm2	180.60	138.366	216.91	275.068	262.434
	%	86.00	65.89	103.29	130.98	124.97
28	kg/cm2	210.00	157.096	244.34	309.514	294.544
	%	100.00	74.81	116.35	147.39	140.26

Nota: Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias

En la tabla 43 (ver página 87) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 122.53kg/cm², 153.82kg/cm², 205.178 y 236.15kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPSCC es de 2.40172 frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 2.34617, .96559 y 1.89754 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 7 días de edad.

En la tabla 44 (ver página 88) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5, donde se aprecia que la media es de 138.37kg/cm², 216.91kg/cm², 275.07kg/cm² y 262.43kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPSCC es de 2.17322 frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 1.00680, .93449 y 1.69251 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 14 días de edad.

En la tabla 45 (ver página 88) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 157.10kg/cm², 244.34kg/cm², 309.51kg/cm² y 294.54kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPSCC es de 2.54402 frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 1.05534, 1.04713 y 2.69090 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPSCC a los 28 días de edad.

4.2.3.3. Prueba de hipótesis para grupos de CPSCC y NS

La tabla demuestra que los estadísticos de prueba de hipótesis para medias independientes muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 para los 7, 14 y 28 días de edad respectivamente, valor que se encuentra por debajo de .05 es decir, que a un nivel de significancia del 5% existe al menos una diferencia significativa entre los grupos de la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

Tabla 56.

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

		Suma de cuadrados	gl	Media	F	Sig
Resistencia a la compresión a los 7 días	Entre grupos	38867.995	3	12955.998	3278.794	.000
	Dentro de grupos	63.223	16	3.951		
	Total	38931.218	19			
Resistencia a la compresión a los 14 días	Entre grupos	57329.839	3	19109.946	8068.051	.000
	Dentro de grupos	37.898	16	2.369		
	Total	57367.736	19			
Resistencia a la compresión a los 28 días	Entre grupos	70908.635	3	23636.212	5937.557	.000
	Dentro de grupos	63.693	16	3.981		
	Total	70972.327	19			

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPSCC a los 7 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias son mayores al grupo control.

Tabla 57.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 7 días de edad.

						Intervalo de confianza al 95%
	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior
Resistencia a la compresión a los 7 días	NS0.5	CPSCC	31.28800	1.25721	.000	28.4880
	NS1.0	CPSCC	82.64600	1.25721	.000	79.8460
	NS1.5	CPSCC	113.62000	1.25721	.000	110.8200

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPSCC a los 14 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias son mayores al grupo control.

Tabla 58.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 14 días de edad.

	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Resistencia a	NS0.5	CPSCC	78.54400	.97336	.000	76.3762
la compresión	NS1.0	CPSCC	136.70200	.97336	.000	134.5342
a los 14 días	NS1.5	CPSCC	124.06800	.97336	.000	121.9002

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPSCC a los 28 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias son mayores al grupo control.

Tabla 59.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Resistencia a	NS0.5	CPSCC	87.24400	1.26187	.000	84.4337
la compresión	NS1.0	CPSCC	152.41800	1.26187	.000	149.6077
a los 28 días	NS1.5	CPSCC	137.44800	1.26187	.000	134.6377

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

4.2.3.4. Planteamiento de hipótesis

Hi: $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos.

$H_0: u_1 > u_2$. La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es menor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos.

4.2.3.5. Regla de decisión

Rechazar H_0 si $\text{sig.} < \alpha$

Aceptar H_0 si $\text{sig.} > \alpha$

4.2.3.6. Estadístico de prueba

El análisis de prueba a través del estadístico ANOVA y las pruebas post hoc t de Dunnett, (> control) demuestran que:

- La resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).
- La resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).
- La resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC).

4.2.3.7. Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza H_0 , o se rechaza H_0 y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para distintas edades del concreto.

Para los 7 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 60

Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 7 días de edad.

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza Ho, a favor de la Hi para todos los estadísticos de prueba; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos, a los 7 días de edad.

Para los 14 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 61.

Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 14 días de edad.

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza Ho, a favor de la Hi para todos los estadísticos de prueba; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos, a los 14 días de edad.

Para los 28 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 62.

Decisión de la Ho con la t Dunett, para los 28 días de edad..

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	.000	.000	.000
A	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho	Se rechaza la Ho

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza Ho, a favor de la Hi para todos los estadísticos de prueba; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos, a los 28 días de edad.

4.2.3.8. Conclusión

Se concluye que a un nivel de significancia del 5% la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra para ambos grupos.

4.2.4. En relación a la tercera hipótesis específica

4.2.4.1. Estadísticos descriptivos

En la tabla se muestra que los porcentajes de la resistencia a compresión del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 son mayores que CPCC a los 7, 14 y 28 días de vida.

Tabla 63

Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

EDAD		Resistencia de teórica	CPCC	NS0.5	NS1.0	NS1.5
7	kg/cm2	140.70	162.816	153.82	205.178	236.152
	%	67.00	77.53	73.25	97.70	112.45
14	kg/cm2	180.60	193.448	216.91	275.068	262.434
	%	86.00	92.12	103.29	130.98	124.97
28	kg/cm2	210.00	223.87	244.34	309.514	294.544
	%	100.00	106.60	116.35	147.39	140.26

Nota: Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.2. Prueba de hipótesis de comparación de medias

En la tabla 43 (ver página 87) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 162.82kg/cm², 153.82kg/cm², 205.18kg/cm² y 236.15kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.57152 frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 2.34617, .96559 y 1.89754 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el NS0.5 a los 7 días de edad.

En la tabla 44 (ver página 88) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5, donde se aprecia que la media es de 193.45kg/cm², 216.91kg/cm², 275.07kg/cm² y 262.43kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.46120, frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 1.00680, .93449 y 1.69251 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPCC a los 14 días de edad.

En la tabla 45 (ver página 88) muestra las estadísticas correspondientes a la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 donde se aprecia que la media es de 223.87kg/cm², 244.34kg/cm², 309.51kg/cm² y 294.54kg/cm² respectivamente; respecto a la desviación típica en el CPCC es de 2.96421 frente al NS0.5, NS1.0 y NS1.5 es de 1.05534, 1.04713 y 2.69090 respectivamente, indicando que los resultados en menor promedio se encuentran en el CPCC a los 28 días de edad.

4.2.4.3. Prueba de hipótesis para grupos CPCC y NS

La tabla demuestra que los estadísticos de prueba de hipótesis para medias independientes muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 para los 7, 14 y 28 días de edad respectivamente, valor que se encuentra por debajo de .05 es decir, que a un nivel de significancia del 5% existe al menos una diferencia significativa entre los grupos de la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

Tabla 64.

Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del CPCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5.

		Suma de cuadrados	gl	Media	F	Sig
Resistencia a la compresión a los 7 días	Entre grupos	22036.534	3	7345.511	1764.659	.000
	Dentro de grupos	66.601	16	4.163		
	Total	22103.135	19			
Resistencia a la compresión a los 14 días	Entre grupos	21982.204	3	7327.401	2711.588	.000
	Dentro de grupos	43.236	16	2.702		
	Total	22025.440	19			
Resistencia a la compresión a los 28 días	Entre grupos	24676.440	3	8225.384	1804.039	.000
	Dentro de grupos	72.951	16	4.559		
	Total	24749.104	19			

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de 1.000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 7 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias del NS1.0 y NS1.5 son mayores al grupo control con excepción del NS0.5.

Tabla 65.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 7 días.

						Intervalo de confianza al 95%
	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior
Resistencia a la compresión a los 7 días	NS0.5	CPSCC	-8.99600	1.29036	1.000	-11.8698
	NS1.0	CPSCC	42.36200	1.29036	.000	39.4882
	NS1.5	CPSCC	73.33600	1.29036	.000	70.4622

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 14 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias son mayores al grupo control.

Tabla 66.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 14 días.

	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Resistencia a	NS0.5	CPSCC	23.46200	1.03966	.000	21.1465
la compresión	NS1.0	CPSCC	81.62000	1.03966	.000	79.3045
a los 14 días	NS1.5	CPSCC	68.98600	1.03966	.000	66.6705

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

En la prueba post hoc de comparaciones múltiples por Dunett (> control), muestran un valor de significancia de .000, .000 y .000 del concreto NS0.5, NS1.0 y NS1.5 con respecto al CPCC a los 28 días de edad, valores que se encuentran por debajo de .05, es decir, que a un nivel de significancia del 5% las resistencias son mayores al grupo control.

Tabla 67.

Comparaciones múltiples, prueba post hoc, T de Dunett (> control), para la resistencia a la compresión a los 28 días.

	Grupo (I)	Grupo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Resistencia a	NS0.5	CPSCC	20.47000	1.35047	.000	17.4623
la compresión	NS1.0	CPSCC	85.64400	1.35047	.000	82.6363
a los 28 días	NS1.5	CPSCC	70.67400	1.35047	.000	67.6663

Nota: Fuente: Resultado del ensayo de la resistencia a compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra – Estadístico SPSS.

4.2.4.4. Planteamiento de hipótesis

Hi: $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión.

$H_0: u_1 > u_2$. La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra es menor que el concreto patrón con curado por inmersión.

4.2.4.5. Regla de decisión

Rechazar H_0 si $\text{sig.} < \alpha$

Aceptar H_0 si $\text{sig.} > \alpha$

4.2.4.6. Estadístico de prueba

El análisis de prueba a través del estadístico ANOVA y las pruebas post hoc t de Dunnett, (> control) demuestran que:

- La resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto adicionado con nanosílice al 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión (CPCC), con excepción del concreto NS0.5.
- La resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión (CPCC).
- La resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto adicionado con nanosílice al 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión (CPCC).

4.2.4.7. Toma de decisión

La toma de una decisión (No se rechaza H_0 , o se rechaza H_0 y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para distintas edades del concreto.

Para los 7 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 68.

Decisión de la H_0 con la t Dunett, para los 7 días de edad.

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	1.000	.000	.000
A	.05	.05	.05
Decisión	No se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0

Nota: Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que:

- Para el NS0.5 el valor de sig. = 1.000 < $\alpha = 0.05$ No se rechaza la hipótesis nula, rechazado la hipótesis alterna, por lo que se acepta H_0 ; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5% simulando condiciones de curado en obra es menor que el concreto patrón con curado por inmersión a los 7 días de edad.
- Para el NS1.0 y NS1.5 el valor de sig. = 0.000 < $\alpha = 0.05$ Se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza la H_0 , a favor de la H_i ; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión a los 7 días de edad.

Para los 14 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 69

Decisión de la H_0 con la t Dunett, para los 14 días de edad.

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	0.000	.000	.000
α	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < $\alpha = 0.05$ se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza H_0 , a favor de la H_i para todos los estadísticos de prueba; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con

nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión a los 14 días de edad.

Para los 28 días de edad: los estadísticos de prueba calculados son:

Tabla 70.

Decisión de la H_0 con la t Dunnett, para los 28 días de edad.

	NS0.5	NS1.0	NS1.5
Sig.	1.000	.000	.000
α	.05	.05	.05
Decisión	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Como el valor de sig. = 0.000 < α = 0.05 se rechaza la hipótesis nula, aceptado la hipótesis alterna, por lo que se rechaza H_0 , a favor de la H_i para todos los estadísticos de prueba; declarando que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión a los 28 días de edad.

4.2.4.8. Conclusión

Se concluye que a un nivel de significancia del 5% la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión(CPCC).

4.3. Análisis de costo

4.3.1 Análisis de costo con respecto a la resistencia

En esta sección se analiza el costo de producción de cada uno de los grupos estudiados en la presente investigación, para el concreto patrón y el concreto adicionado con nanosílice en los porcentajes utilizados, se tomará en cuenta el uso de los materiales que intervienen en la mezcla para 1 m³ de concreto, además se tuvo en cuenta la procedencia del nanosílice.

Costo del nanosílice.

- El costo del nanosílice en el distrito de Villa el Salvador- Lima es: 2.40 dólares por kg incl. I.G.V. y considerando el tipo de cambio de: 1 dólar = 3.52 soles, el costo para un kilogramo de nanosílice es: $2.45 \times 3.52 = 8.45$ soles/kg.
- El costo de transporte del nanosílice desde la central de Villa el Salvador-Lima hasta la ciudad de Puno es de: 110 soles para 220 kg, entonces el costo por kilo de transporte es de: $110 / 220 = 0.5$ soles/kg
- Finalmente, el costo por litro de nanosílice puesto en la ciudad de Puno es de: $0.5 + 8.45 = 8.95$ soles/kg.

De los resultados de la tabla 19 (ver página 71), se presenta el valor de cada una de las dosificaciones obtenidas en las siguientes tablas:

Tabla 71.
Costo del concreto patrón.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo unitario (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	366.1	8.61	21.50	185.12
Nanosílice 0%	0	0	---	
Agregado fino	659	0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	988.8	0.39	52.50	20.48
Agua	226.52	0.23	5.00	1.15
Costo total para 1m3 de concreto S/.				221.74

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72.
Costo del concreto patrón + NS0.5%.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo unitario (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	366.1	8.61	21.50	185.12
Nanosílice 0.5%	1.8305	1.83	8.95	16.38
Agregado fino	659	0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	988.8	0.39	52.50	20.48
Agua	203.85	0.20	5.00	1.01
Costo total para 1m3 de concreto S/.				237.98

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73.
Costo del concreto patrón + NS1.0%.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo unitario (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	366.1	8.61	21.50	185.12
Nanosílice 1.0%	3.661	3.66	8.95	32.76
Agregado fino	659	0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	988.8	0.39	52.50	20.48
Agua	158.55	0.15	5.00	0.79
Costo total para 1m3 de concreto S/.				254.14

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74.
Costo del concreto patrón + NS1.5%.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo unitario (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	366.1	8.61	21.50	185.12
Nanosílice 1.5%	5.4915	5.4915	8.95	49.15
Agregado fino	659	0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	988.8	0.39	52.50	20.48
Agua	147.22	0.14722	5.00	0.73
Costo total para 1m3 de concreto S/.				270.47

Nota: Fuente: Elaboración propia.

También se muestra en la siguiente tabla, la dosificación del concretos sin adición de nanosílice de 280kg/cm2 siguiendo los pasos del anexo B (ver página 130), para realizar el análisis de los costos con los resultados de concretos con adición de nanosílice.

Tabla 75
Costo del concreto 280kg/cm2.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo unitario (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	436.17	10.26	21.50	220.59
Nanosílice 0%	0	0	---	
Agregado fino	603.95	0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	988.78	0.39	52.50	20.47
Agua	225.94	0.23	5.00	1.15
Costo total para 1m3 de concreto S/.				257.20

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De las tablas anteriores se deduce que el costo va en aumento a medida que se aumenta el nanosílice, además el costo del concreto con 0.5, 1.0 y 1.5 NS es mayor en 7.32, 14.61 y 21.97% respectivamente con respecto al concreto patrón de diseño.

Comparando los resultados de los costos obtenidos del ensayo a compresión de los concretos con adición de nanosílice al 1.0% con el concreto de 280 kg/cm², se nota una disminución en su costo 3.06 soles para el concreto con 1.0% de nanosílice, por 1m³ de concreto elaborado.

4.3.2. Análisis de costo con respecto al curado

a.) Análisis de precios unitarios: fabricación y colocación de concreto

Tabla 76

Fabricación y colocación del concreto f'c 210kg/cm² – Columnas.

Rendimiento	8m ³ /día		C.U	Directo	408.19
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Operador de equipo liviano	hh	2	2	10.75	21.50
Operario	hh	2	2	10.75	21.50
Oficial	hh	2	2	9.62	19.24
Peón	hh	10	10	8.48	84.80
					147.04
Materiales					
Agregado fino	m ³		0.27	55.50	14.99
Agregado grueso	m ³		0.39	52.50	20.48
Cemento portland tipo I	bls		8.61	21.50	185.12
Agua	m ³		0.23	5.00	1.15
					221.74
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.00	147.04	4.41
Mezcladora de concreto 9-11p3	Hm	1.00	1.00	25.00	25.00
Vibrador de concreto 4HP	hm	1.00	1.00	10.00	10.00
					39.41

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades de agregados, agua y cemento por m³ de partida, pertenecen al diseño obtenido en la presente tesis.

b.) Análisis de precios unitarios: métodos de curados

Cabe dejar en claro que no se ha realizado el análisis de precios unitarios para el curado por inmersión, ya que es un caso irreal en obra, que sólo se aplica para situaciones de curado en el laboratorio o las probetas en obra.

Las cantidades de agua empleadas en los métodos de curado, han sido tomadas con referencia a investigaciones anteriores de casos reales.

Otro punto importante para considerar a tomar en cuenta es el siguiente: para el análisis de costos de los métodos de curado se consideró el uso del equipo aspersor de agua, el cual permite obtener rendimientos más elevados a comparación de otras formas de aplicación.

A continuación, presentamos los análisis de precios unitarios para diferentes métodos de curado:

• Curado por el método de aspersión dos aplicaciones diarias – columnas

Tabla 77.

Análisis de precio unitario de curado por aspersión dos aplicaciones diarias – columnas.

Rendimiento	275m2/día		C.U	Directo	0.36
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Peón	hh	1.00	0.029	8.50	0.25
					0.25
Materiales					
Agua	m3		0.011	5.00	0.05
					0.05
Equipos					
Fumigadora con mochila	hm	1.00	0.029	2.00	0.06
					0.06

Nota: Fuente: Elaboración propia.

➤ El considero el rendimiento de 275 m2/día y no 550 m2/día, ya que el método de curado es para dos aplicaciones diarias.

➤ La cantidad de agua aplicada para el método de aspersión para los elementos de 0.15m diámetro y 0.30m fue en total de 0.014 m3 durante los siete días; por ende, la cantidad correspondiente por día para el área de nuestros elementos (0.18 m2) fue de 0.002 m3.

➤ De lo cual se concluye, que la cantidad de agua aplicada para 1 m² de área es de 0.011 m³.

- **Curado por el método de aspersión más membrana de yute dos aplicaciones diarias – columnas**

Tabla 78

Análisis de precio unitario de curado por aspersión más membrana de yute dos aplicaciones diarias – columnas.

Rendimiento	34.537 m ² /día		C.U	Directo	9.49
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Peón	hh	1.00	0.232	8.50	1.97
					1.97
Materiales					
Agua	m ³		0.0116	5.00	0.06
Yute	m ²		2.000	3.50	7.00
					7.06
Equipos					
Fumigadora con mochila	hm	1.00	0.232	2.00	0.46
					0.46

Nota: Fuente: Elaboración propia.

➤ El uso de cantidades y rendimientos se tomó en referencia a la investigación realizada por Durand (2018).

- **Curado con aplicación de curador químico - columnas**

Tabla 79

Análisis costo unitario de curado con aplicación de curador químico – Columnas.

Rendimiento	550.00 m2/día		C.U	Directo	3.29
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Peón	hh	1.00	0.015	8.50	0.13
					0.13
Materiales					
Agua	m3		0.029	107.80	3.13
					3.13
Equipos					
Fumigadora con mochila	hm	1.00	0.015	2.00	0.03
					0.03

Nota: Fuente: Elaboración propia.

c.) Análisis comparativo costo – producción de los métodos de curados

En la siguiente tabla se muestra la comparación del costo del curado y la producción o avance.

Tabla 80

Análisis costo de curado en columna.

Tipo de curado	C.U. x m2 (S/.)	Producción (m2/día)
Aspersión 2 manos	0.36	275.00
Yute + 2 manos de aspersión	9.49	34.537
Curador químico	3.29	550.00
Sin curado alguno	0.00	0.00

Nota: Fuente: Elaboración propia.

d.) Curado de caso práctico – columna

Para realizar el caso práctico, se plantea el caso de realizar el curado de 10 elementos de concreto (columnas) de dimensiones de 2.50x0.60x0.35m, lo cual hace un área total de 47.50m2.

Tabla 81

Costo total caso práctico con curado por aspersión – columnas.

Curado con aspersión de 07 días				
Área a curar (m2)	Número de días	Área total de curado (m2)	Costo unitario x m2 (S/.)	Costo total (S/.)
47.50	07	332.50	0.36	119.37

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82

Costo total caso práctico con curado con yute + aspersión de 03 días.

Curado con yute + aspersión de 07 días				
Área a curar (m2)	Número de días	Área total de curado (m2)	Costo unitario x m2 (S/.)	Costo total (S/.)
47.50	01	47.50	9.49	450.77
47.50	07	285.00	0.36	102.60
				553.37

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83

Costo total caso práctico con aplicación de curador químico – una sola mano.

Curado con aplicación de curador químico – una sola mano				
Área a curar (m2)	Número de días	Área total de curado (m2)	Costo unitario x m2 (S/.)	Costo total (S/.)
47.50	01	47.50	3.29	156.28

Nota: Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el costo de elaboración del concreto para el caso práctico de dichas columnas con adición del nanoslice.

Tabla 84

Comparación del concreto para el caso práctico.

Tipo de curado	Cantidad de concreto (m3)	Costo parcial	Costo total
Concreto patrón	0.523	221.74	115.97
NS0.5	0.523	237.98	124.46
NS1.0	0.523	254.14	132.92
NS1.5	0.523	270.47	141.46

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85

Comparación del concreto más el curado para el caso práctico.

Tipo de curado	Costo de producción del concreto		Costo del curado	Costo total
	Concreto patrón	Concreto con NS0.5		
Aspersión 2 manos		124.46	123.03	247.49
Yute + 2 manos de aspersión	115.97		553.37	669.34
Curador químico	115.97		156.28	272.25

Nota: Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede ver que el costo de producción del concreto con nanosílice al 0.5% más el proceso de curado es menor que un concreto patrón curado con yute y curador químico. Viéndose que el concreto patrón con curado con yute y curador químico tienen un costo de 421.85 y 24.76 soles respectivamente son mayores que el concreto adicionado con nanosílice al 0.5%.

4.4. Discusión

Respecto al objetivo general los resultados muestran que existen diferencias significativas en las variaciones de la resistencia a la compresión del CPCC frente al CPSCC, NS0.5, NS1.0 y NS1.5 a los 7, 14 y 28 días de edad, donde se evidencia que el curado realizado en obra influye la resistencia a la compresión del concreto. Estos datos concuerdan con Gonzales & Gonzales concluyendo que a pesar de los ciclos de hielo y deshielo a los que fueron sometidos que afectaron la resistencia del concreto, afecta más aun el tipo de curado. De la misma forma Durand (2018) concluyen que las condiciones de curado en obra están por debajo de las resistencias para las que fueron diseñadas.

Respecto al primer objetivo específico sobre la resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión alcanzo un 106.60% mientras que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra alcanzo un 74.81% a los 28 días de edad, lo cual nos indica que el proceso de curado en obra se hace de manera deficiente, evitando así que el concreto llegue a la resistencia deseada. Estos resultados concuerdan con Contreras y

Velazco (2018) que realizaron su investigación comparativa en el curado realizado en obra y laboratorio, llegaron a la conclusión que no curar el concreto de forma adecuada baja la resistencia a la compresión con valores que se encuentran entre el 45% y 50% del curado óptimo. De la misma forma en la Medina & Quispe (2017) en su investigación concluyen que el curado por aspersión realizado es afectado en un 26.38% (cemento tipo IP) y con 17.74% (cemento tipo I) comparándolo con los que fueron curados por sumergido, esto nos indica que el tipo de cemento también influye en cuando al tipo de curado.

Respecto al segundo objetivo específico la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% presenta valores de 116,35%, 147.39% y 140.26% frente al concreto patrón 74.81% simulando condiciones de curado para ambos grupos a los 28 días de edad, demostrando que el nanosílice en condiciones de curado en obra presenta mejores resultados que el concreto patrón. Estos resultados concuerdan con Pachacutec y Vilca (2018) quienes observaron que el uso de nanosílice incrementa la resistencia la compresión del concreto, obteniendo como valor optimo una dosis del 1% por tema de costo y resistencia.

Respecto al tercer objetivo específico la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% presenta valores de 116,35%, 147.39% y 140.26% simulando condiciones de curado en obra frente al concreto patrón 106.60% con curado por inmersión. Estos datos son corroborados con López y Mamani (2017) quienes al someter al concreto a ciclos de hielo y deshielo pudieron observar que aun en condiciones críticas la resistencia del concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% supera en un 8.51%, 33.96% y 80.19% a la resistencia del concreto patrón que no fue sometido a dichas condiciones, concluyendo que la adición del nanosílice es favorable para el uso en condiciones críticas.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.1.1. Conclusión General.

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que, la adición del nanosílice en un diseño de mezcla de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ la adición del nanosílice mejora la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra.

5.1.2. Conclusiones específicas.

La resistencia a la compresión de concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado en obra (CPSCC); es decir, que el proceso de curado en obra afecta de manera negativa en la resistencia a la compresión hasta en un 31.70% por debajo del concreto patrón con curado por inmersión.

La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 Y NS1.5) es mayor que el concreto patrón simulando condiciones de curado (CPSCC), es decir, que la adición del nanosílice ayuda a mejorar los resultados de la resistencia a la compresión del concreto aun cuando se presenten deficiencias en el proceso de curado.

La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con nanosílice al 0.5%, 1.0% y 1.5% simulando condiciones de curado en obra (NS0.5, NS1.0 y NS1.5) es mayor que el concreto patrón con curado por inmersión (CPCC) es decir, que el concreto con adición nanosílice con la simulación de curado en obra no solo mejora la resistencia la compresión, sino que también alcanza y supera a las resistencias de un curado por inmersión (curado optimo).

De acuerdo a las resistencias a la compresión alcanzadas en los concretos adicionados con nanosílice simulando condiciones de curado en obra se puede observar que el porcentaje

más adecuado es el de 0.5%, ya que el resultado de este porcentaje de adición a los 28 días de edad se encuentra por encima del concreto de diseño.

5.2. Recomendaciones

A los profesionales del área de la construcción, controlar el proceso de curado y mejorar el sistema de curado, para de esta forma obtener mejores resultados en la calidad de los proyectos de construcción civil.

A los investigadores en la línea de materiales y procesos constructivos, realizar investigaciones similares con la finalidad de mejorar e incrementar el conocimiento y hallar soluciones a los problemas que muchas veces surgen en el campo laboral.

Así también, se recomienda realizar investigaciones con otros factores que intervengan en la resistencia la compresión del concreto, aumentando la cantidad de muestras, además de evaluar la resistencia a edades superiores a 28 días.

REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima - Perú: San Marcos.
- ACI 211.1-97. (1998) *Estándar Practice for Selecting Proportions for normal, Heavy Weight, Mass Concrete*.
- ACI 201.2R-07. (2000). *Guide to durable concrete*. American Concrete Institute (ACI).
- Catacora, O. (2015) *Influencia de coberturas orgánicas, en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo Choquehuanca - Azángaro* (Tesis pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
- Contreras, S. (2018) *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa* (Tesis pregrado) Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Duran, J. (2018) *Estudio de las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² aplicado a condiciones simuladas de curado en obra, en la ciudad de Arequipa, con cemento portland tipo IP* (Tesis pregrado) Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M.P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta edición). México D.F., México: McGraw-Hill.
- Kosmatka, H., Kerkhoff, B., Panarese, W. & Tanesi, J. (2004) *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU.
- León Brito, N, (2012). *Influencia de la adición de Nano sílice en el hormigón autocompactante* (Tesis de maestría). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Li H, Hiao H, Yuan J & Ou J.(2004). *Microestructure of cement mortar with nanoparticles*. Composites Part B: Engineering

- Molina, F. & Chara, H. (2017) *Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa* (Tesis pregrado) Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.
- Neville, A., & Brooks, J. (1998). *Tecnología del Concreto*. México: Editorial Trillas.
- Neville, A. (1999). *Tecnología del Concreto* (1era ed.)
- Pachacutec, Y. & Vilca, N. (2018) *Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y nanosílice con agregados de la cantera Cutimbo – Puno* (Tesis pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (2da ed.)
- Pasquel Carvajal, E. (2009). *Reaccion álcali-agregado El “VIH” del concreto*. Centro de Investigación del Cemento y el Concreto-CITEDEC (boletín n°95). Lima-Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2017). *Norma E.060 Concreto Armado*
- Rivva, L. (2010). *Materiales para el concreto* (2da ed.)
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (1era ed.)
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la Investigación Científica* (Cuarta edición). México D.F., México: Limusa
- Quispe, N. (2017) *Influencia del gradiente térmico en la resistencia del concreto en la ciudad de puno – 2017* (Tesis Pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

NORMAS ASTM

- ASTM C39. “*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*”
- ASTM C496 – 96. “*Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*”

Normas Técnicas Peruanas

- NTP 339.033 (2009). *“Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo”*
- NTP 339.037 (2008) *“Practica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón(concreto)”*
- NTP 339.084 (2012) *“Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.”*
- NTP 339.034 (2008) *“Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.”*
- NTP 400.010(2001) *“Extracción y preparación de las muestras”*
- NTP 400.012(2001) *“Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”*
- NTP 400.017(2011) *“Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*
- NTP 400.021(2002) *“Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.”*
- NTP 400.022(2013) *“Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”*

ANEXOS

Anexo A Propiedades de los materiales

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO		
PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilíce en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquise Pari	FECHA	

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 400.16
--

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
N° DE ENSAYO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
N° de tara	T-01	T-02	T-03
Peso de tara (gr)	255	267	215
Peso de tara + Muestra humeda (gr)	573	582	526
Peso de tara+ Muestra seca (gr)	570	579	523
Peso de Muestra humeda (gr)	318	315	311
Peso de agua (gr)	3	3	3
Peso de Muestra seca (gr)	315	312	308
Contenido de humedad (%)	0.952	0.962	0.974
Contenido de humedad promedio (%)	0.96		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
N° DE ENSAYO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
N° de tara	T-01	T-02	T-03
Peso de tara (gr)	735	721	742
Peso de tara + Muestra humeda (gr)	1745	1756	1822
Peso de tara+ Muestra seca (gr)	1737	1748	1814
Peso de Muestra humeda (gr)	1010	1035	1080
Peso de agua (gr)	8	8	8
Peso de Muestra seca (gr)	1002	1027	1072
Contenido de humedad (%)	0.798	0.779	0.746
Contenido de humedad promedio (%)	0.77		

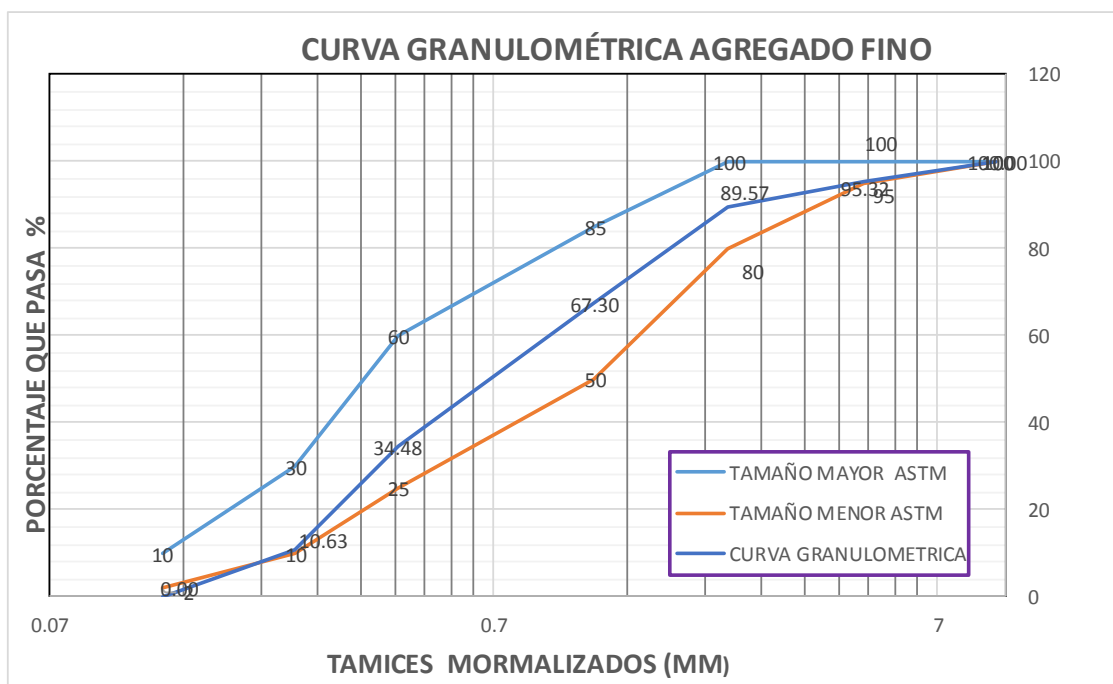
PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 400.037 - ASTM C-33

DISTRIBUCION DE AGREGADOS FINOS EN LOS TAMICES					
TAMICES	MM	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acum.	% que pasa
3/8"	9.5		0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	23.40	4.68	4.68	95.32
N° 8	2.36	28.75	5.75	10.43	89.57
N° 16	1.18	111.35	22.27	32.70	67.30
N° 30	0.425	164.10	32.82	65.52	34.48
N° 50	0.25	119.25	23.85	89.37	10.63
N° 100	0.125	53.15	10.63	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	
Peso Inicial:	500.00 gr
Peso Lavado:	498.89 gr
Peso Perdido:	1.11 gr

MÓDULO DE FINURA:	
MF A. Fino:	2.98



	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

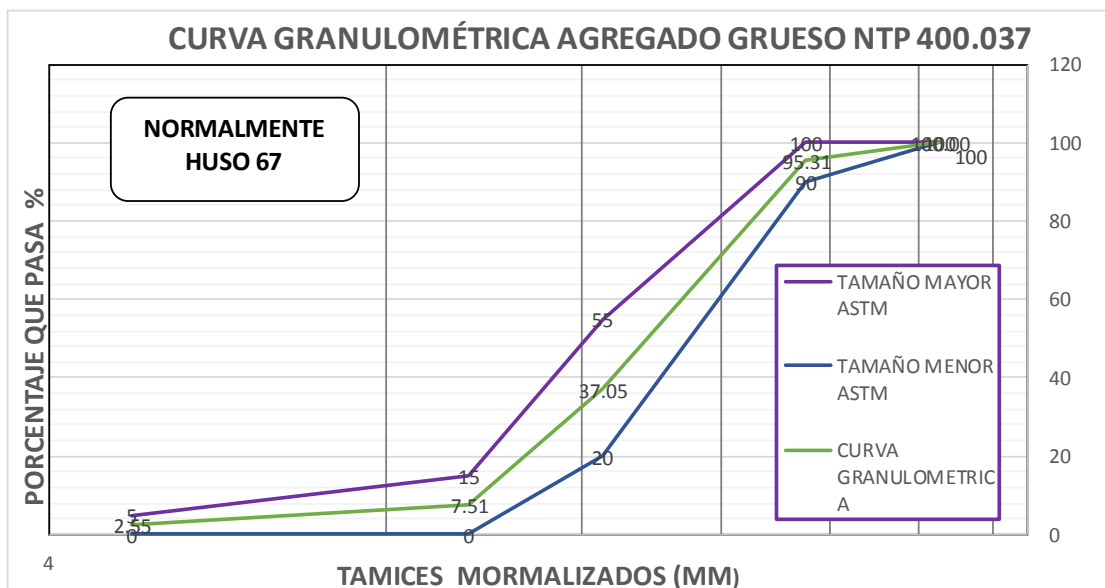
PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

NTP 400.037 - ASTM C-33

DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS EN LOS TAMICES					
TAMICES	MM	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retendo Acum.	% que pasa
3"	75				100.00
2 1/2"	63				100.00
2"	50				100.00
1 1/2"	37.5				100.00
1"	25				100.00
3/4"	19	298	4.69	4.69	95.31
1/2"	12.5	3700	58.26	62.95	37.05
3/8"	9.5	1876	29.54	92.49	7.51
N° 4	4.75	315	4.96	97.45	2.55
N° 8	2.36	162	2.55	100.00	0.00
TOTAL		6350.00	100.00		

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	
Peso Inicial:	6350
Peso Lavado:	6340.00
Peso Perdido:	10.00
TAMAÑO MAXIMO:	
TM:	1"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:	
TMN:	3/4"
MODULO DE FINURA:	
MF A Grueso:	6.95





	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquise Pari	FECHA	

ENSAYO PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN
NTP 400.021, ASTM - 127



PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO			
N° de ensayo	1	2	3
Peso de muestra SSS (gr)	500	500	500
Peso de Fiola (gr)	163.38	163.38	163.38
Peso de Muestra SSS + Peso de Fiola + Peso de Agua (gr)	964	965	966
Peso de Agua (gr)	300.62	301.62	302.62
Peso de Muestra Seca (gr)	484	485	483
Volumen de la Fiola (mm ³)	500	500	500
P. E. Masa	2.43	2.44	2.45
P. E. Masa Promedio	2.44		
P.E. Masa SSS	2.51	2.52	2.53
P. E. Masa SSS Promedio	2.52		
P. E. Aparente	2.64	2.64	2.68
P. E. Aparente promedio	2.65		
Absorción (%)	3.31	3.09	3.52
Absorción Promedio (%)	3.31		

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

ENSAYO PESO ESPECÍFICO - ABSORCIÓN NTP 400.021, ASTM - 127

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO			
N° de ensayo	1	2	3
Peso de muestra Seca (gr)	6236	6241	6231
Peso de Muestra SSS (gr)	6324	6328	6318
Peso de la Canastilla (gr)	5072	5072	5072
Peso de Muestra Saturada en Agua + Peso de Canastilla	8908	8915	8904
Peso de Muestra Saturado en Agua	3836	3843	3832
P. E. Masa	2.51	2.51	2.51
P. E. Masa Promedio	2.51		
P.E. Masa SSS	2.542	2.546	2.541
P. E. Masa SSS Promedio	2.54		
P. E. Aparente	2.6	2.6	2.6
P. E. Aparente promedio	2.60		
Absorción	1.41	1.39	1.40
Absorción Promedio	1.40		



	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

ENSAYO PESO UNITARIO NTP 400.017, ASTM - C29

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO SUELTO		
Número de ensayo	1	2	3
Número del molde	T-001	T-002	T-003
Volumen del molde (m3)	0.005	0.005	0.005
Peso del molde (Kg)	3.876	3.876	3.876
Peso del molde + agregado (Kg)	13.123	13.136	13.118
Peso del agregado (Kg)	9.247	9.26	9.242
Densidad aparente (kg/m3)	1763.573	1766.052	1762.619
Densidad aparente prom (kg/m3)	1764.08		

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO COMPACTADO		
Número de ensayo	1	2	3
Número del molde	T-001	T-002	T-003
Volumen del molde (m3)	0.005	0.005	0.005
Peso del molde (Kg)	3.876	3.876	3.876
Peso del molde + agregado (Kg)	13.356	13.389	13.389
Peso del agregado (Kg)	9.48	9.513	9.513
Densidad aparente (kg/m3)	1808.010	1814.304	1814.304
Densidad aparente prom (kg/m3)	1812.21		

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Estudio de cantera con fines de diseño de mezcla de concreto		
CANTERA	: Cantera Isla		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	: Ing. Jafet Perez Manfred
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

ENSAYO PESO UNITARIO NTP 400.017, ASTM - C29

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO SUELTO		
Número de ensayo	1	2	3
Número del molde	T-001	T-002	T-003
Volumen del molde (m3)	0.005	0.005	0.005
Peso del molde (Kg)	3.876	3.876	3.876
Peso del molde + agregado (Kg)	12.265	12.246	12.198
Peso del agregado (Kg)	8.389	8.37	8.322
Densidad aparente (kg/m3)	1599.936	1596.313	1587.158
Densidad aparente prom (kg/m3)	1594.47		

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
Número de ensayo	1	2	3
Número del molde	T-001	T-002	T-003
Volumen del molde (m3)	0.005	0.005	0.005
Peso del molde (Kg)	3.876	3.876	3.876
Peso del molde + agregado (Kg)	12.424	12.401	12.442
Peso del agregado (Kg)	8.548	8.525	8.566
Densidad aparente (kg/m3)	1630.261	1625.874	1633.693
Densidad aparente prom (kg/m3)	1629.94		

Anexo B Diseño de mezclas

a.) Selección de la resistencia promedio

Como no se tiene un registro acerca de ensayos anteriores con resultados, no es posible realizar un cálculo con una desviación estándar, por este motivo la resistencia promedio requerida será determinada a partir de los valores de la siguiente tabla.

Resistencia a la compresión promedio.

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

Nota: Fuente: ACI 211.1

El f'cr requerido para nuestro caso es de 210 kg/cm2, sin embargo haciendo el uso de la tabla del ACI tenemos que:

$$f'_{cr}=210+84=294 \text{ kg/cm}^2.$$

b.) Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

c.) Selección del Asentamiento

Slump: 3" - 4" (Mezcla plástica)

d.) Selección de volumen unitario de agua de diseño

De acuerdo a las tablas del ACI 211, donde nos indica con respecto al asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4".

La cantidad de agua a usarse será de 205 lt.

e.) Selección de contenido de aire

De acuerdo a las tablas del ACI 211, donde nos indica con respecto a una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4".

El porcentaje aproxima de aire atrapado es de 2%.

f.) Selección de la relación agua-cemento

Para determinar la relación/cemento utilizaremos la siguiente tabla.

Relación agua-cemento por resistencia,

f'cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Nota: Fuente: ACI 211.1

Utilizando la tabla para una resistencia promedio correspondiente a 294 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de 0.56.

g.) Factor cemento

$$\text{Factor cemento} = 205/0.56 = 366.07 \text{ kg/cm}^3 = 8.61 \text{ bolsas}$$

h.) Contenido de agregado grueso

Para determinar el contenido de agregado grueso es necesario utilizar las tablas del ACI 211.1 donde mediante una interpolación en función al Tamaño máximo nominal y el módulo de fineza se determina el volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto.

Del uso de las tablas se tiene el siguiente valor: 0.60

$$\text{Peso del agregado grueso} = 0.60 \times 1629.94 = 981.2 \text{ kg/m}^3.$$

i.) Cálculo de volúmenes absolutos

Luego de tener los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos de los elementos que estarán en el concreto patrón:

De acuerdo a las especificaciones indicadas por la empresa distribuidora del Cemento Portland Wari tipo I indica que su peso específico es de: 3.14g/ml

Volumen absoluto de:

Cemento	$366.07/3.14 = 0.117\text{m}^3$
Agua	$205/1 \times 100 = 0.205\text{ m}^3$
Aire	$0.02/1 \times 1 = 0.020\text{ m}^3$
Agregado Grueso	$981.2/2.51 = 0.391\text{m}^3$
Suma de vol. Conocidos	0.733m³

j.) Contenido de agregado fino

Volumen absoluto A. Fino = $1 - 0.733 = 0.267\text{ m}^3$

Peso del A. Fino Seco = $0.267 \times 2.44 \times 1000 = 652.7\text{kg/m}^3$

k.) Cantidad de materiales por m³ en peso

Cemento:	366.07 kg/m ³
Agua de diseño:	205.0 Lt/m ³
Agregado Fino seco:	652.7 kg/m ³
Agregado Grueso seco:	981.2 kg/m ³
Peso de la mezcla:	2204.9 kg/m³

l.) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado Fino = $652.7 \times (1.0096) = 658.94\text{ kg/m}^3$

Agregado Grueso = $981.2 \times (1.0077) = 988.78\text{ kg/m}^3$

m.) Contribución de agua de los agregados

- Humedad superficial de los Agregados

Agregado Fino = $0.96 - 3.31 = -2.35\%$

Agregado Grueso = $0.77 - 1.40 = -0.63\%$

Total = -2.98%

- Aporte de humedad de los Agregados

Agregado Fino seco: $652.68 \times (-0.0235) = -15.6 \text{ Lt/m}^3$

Agregado Grueso seco: $981.22 \times (-0.0063) = -6.4 \text{ Lt/m}^3$

Aporte de humedad de los Agregados: -22 Lt/m^3

Agua efectiva: $205 - (-22) = 227 \text{ Lt/m}^3$

n.) Cantidad de materiales corregidos por m³ de concreto

Cemento: 366.1 kg/m^3

Agua efectiva: 227.00 Lt/m^3

Agregado Fino húmedo: 659.00 kg/m^3

Agregado Grueso húmedo: 988.8 kg/m^3

o.) Proporciones en peso de los materiales

Cemento $= 366.1/366.1 = 1$

Agregado Fino $= 659/366.1 = 1.80$

Agregado Grueso $= 988.8/366.1 = 2.70$

Agua $= 227/360.7 = 0.62$

p.) Cantidad de materiales por Bolsa



Cemento $= 1.00 \times 42.5 = 42.50 \text{ Kg/Bl}$

Agua efectiva $= 0.62 \times 42.5 = 26.30 \text{ Lt/Bl}$

Agregado Fino $= 1.80 \times 42.5 = 76.50 \text{ Kg/Bl}$

Agregado Grueso $= 2.70 \times 42.5 = 114.8 \text{ Kg/Bl}$



Anexo C Resultados de los ensayos

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Resistencia a la compresión en cilindros de concreto		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquise Pari	FECHA	

Resultado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39 CONCRETO PATRÓN CON CURADO POR INMERSIÓN
-----------	---



Item	Descripción	Fecha		Días	Diámetro	Área	Lectura del Dial	Resistencia obtenida	Resistencia diseño	Resistencia porcentaje
		Modelo	Rotura							
01	Espécimen 01	09/01/2019	16/01/2019	7	14.92 cm	174.83 cm ²	27939 Kg	159.80 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	76.10%
02	Espécimen 02	09/01/2019	16/01/2019	7	14.96 cm	175.77 cm ²	28420 Kg	161.69 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	76.99%
03	Espécimen 03	09/01/2019	16/01/2019	7	15.27 cm	183.13 cm ²	29624 Kg	161.76 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	77.03%
04	Espécimen 04	09/01/2019	16/01/2019	7	15.27 cm	183.13 cm ²	30137 Kg	164.56 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	78.36%
05	Espécimen 05	09/01/2019	16/01/2019	7	14.87 cm	173.66 cm ²	28875 Kg	166.27 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	79.18%
06	Espécimen 26	02/01/2019	16/01/2019	14	14.88 cm	173.90 cm ²	33103 Kg	190.36 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	90.65%
07	Espécimen 27	02/01/2019	16/01/2019	14	14.86 cm	173.43 cm ²	33913 Kg	195.54 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	93.11%
08	Espécimen 28	02/01/2019	16/01/2019	14	15.17 cm	180.74 cm ²	34742 Kg	192.22 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	91.53%
09	Espécimen 29	02/01/2019	16/01/2019	14	14.94 cm	175.30 cm ²	34419 Kg	196.34 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	93.49%
10	Espécimen 30	02/01/2019	16/01/2019	14	15.16 cm	180.50 cm ²	34798 Kg	192.78 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	91.80%
11	Espécimen 51	18/12/2018	15/01/2019	28	15.11 cm	179.32 cm ²	39654 Kg	221.14 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	105.30%
12	Espécimen 52	18/12/2018	15/01/2019	28	15.11 cm	179.32 cm ²	39526 Kg	220.43 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	104.97%
13	Espécimen 53	18/12/2018	15/01/2019	28	14.94 cm	175.30 cm ²	39473 Kg	225.17 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	107.22%
14	Espécimen 54	18/12/2018	15/01/2019	28	14.83 cm	172.73 cm ²	39275 Kg	227.38 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	108.27%
15	Espécimen 55	18/12/2018	15/01/2019	28	14.89 cm	174.13 cm ²	39219 Kg	225.23 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	107.25%

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Resistencia a la compresión en cilindros de concreto		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

Resultado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39 CONCRETO PATRÓN SIMULANDO CONDICIONES DE CURADO EN OBRA		



Item	Descripción	Fecha		Días	Diámetro	Área	Lectura del Dial	Resistencia obtenida	Resistencia diseño	Resistencia porcentaje
		Modelo	Rotura							
01	Espécimen 06	09/01/2019	16/01/2019	7	15.28 cm	183.37 cm ²	23098 Kg	125.96 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	59.98%
02	Espécimen 07	09/01/2019	16/01/2019	7	15.20 cm	181.46 cm ²	22508 Kg	124.04 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	59.07%
03	Espécimen 08	09/01/2019	16/01/2019	7	14.89 cm	174.13 cm ²	21056 Kg	120.92 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	57.58%
04	Espécimen 09	09/01/2019	16/01/2019	7	15.04 cm	177.66 cm ²	21352 Kg	120.19 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	57.23%
05	Espécimen 10	09/01/2019	16/01/2019	7	14.88 cm	173.90 cm ²	21137 Kg	121.55 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	57.88%
06	Espécimen 31	02/01/2019	16/01/2019	14	14.88 cm	173.90 cm ²	24098 Kg	138.58 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	65.99%
07	Espécimen 32	02/01/2019	16/01/2019	14	15.39 cm	186.02 cm ²	25092 Kg	134.89 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	64.23%
08	Espécimen 33	02/01/2019	16/01/2019	14	14.96 cm	175.77 cm ²	24711 Kg	140.58 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	66.94%
09	Espécimen 34	02/01/2019	16/01/2019	14	14.95 cm	175.54 cm ²	24522 Kg	139.70 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	66.52%
10	Espécimen 35	02/01/2019	16/01/2019	14	14.96 cm	175.77 cm ²	24270 Kg	138.08 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	65.75%
11	Espécimen 56	18/12/2018	15/01/2019	28	14.94 cm	175.30 cm ²	27320 Kg	155.84 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	74.21%
12	Espécimen 57	18/12/2018	15/01/2019	28	14.96 cm	175.77 cm ²	27600 Kg	157.02 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	74.77%
13	Espécimen 58	18/12/2018	15/01/2019	28	14.92 cm	174.83 cm ²	27776 Kg	158.87 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	75.65%
14	Espécimen 59	18/12/2018	15/01/2019	28	14.94 cm	175.30 cm ²	28070 Kg	160.12 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	76.25%
15	Espécimen 60	18/12/2018	15/01/2019	28	15.08 cm	178.60 cm ²	27439 Kg	153.63 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	73.16%

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Resistencia a la compresión en cilindros de concreto		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

Resultado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39 CONCRETO CON NANOSÍLICE 0.5%
-----------	--



Item	Descripción	Fecha		Días	Diámetro	Área	Lectura del Dial	Resistencia obtenida	Resistencia diseño	Resistencia porcentaje
		Modelo	Rotura							
01	Espécimen 11	09/01/2019	16/01/2019	7	14.99 cm2	176.48 cm2	26890 Kg	152.37 Kg/cm2	210 Kg/cm2	72.56%
02	Espécimen 12	09/01/2019	16/01/2019	7	15.07 cm2	178.37 cm2	27032 Kg	151.55 Kg/cm2	210 Kg/cm2	72.17%
03	Espécimen 13	09/01/2019	16/01/2019	7	14.99 cm2	176.48 cm2	27123 Kg	153.69 Kg/cm2	210 Kg/cm2	73.19%
04	Espécimen 14	09/01/2019	16/01/2019	7	14.89 cm2	174.13 cm2	27454 Kg	157.66 Kg/cm2	210 Kg/cm2	75.08%
05	Espécimen 15	09/01/2019	16/01/2019	7	15.02 cm2	177.19 cm2	27257 Kg	153.83 Kg/cm2	210 Kg/cm2	73.25%
06	Espécimen 36	02/01/2019	16/01/2019	14	14.84 cm2	172.96 cm2	37458 Kg	216.56 Kg/cm2	210 Kg/cm2	103.13%
07	Espécimen 37	02/01/2019	16/01/2019	14	14.88 cm2	173.90 cm2	37452 Kg	215.37 Kg/cm2	210 Kg/cm2	102.56%
08	Espécimen 38	02/01/2019	16/01/2019	14	15.23 cm2	182.18 cm2	39709 Kg	217.97 Kg/cm2	210 Kg/cm2	103.80%
09	Espécimen 39	02/01/2019	16/01/2019	14	14.82 cm2	172.50 cm2	37525 Kg	217.54 Kg/cm2	210 Kg/cm2	103.59%
10	Espécimen 40	02/01/2019	16/01/2019	14	14.94 cm2	175.30 cm2	38060 Kg	217.11 Kg/cm2	210 Kg/cm2	103.39%
11	Espécimen 61	18/12/2018	15/01/2019	28	14.91 cm2	174.60 cm2	42862 Kg	245.49 Kg/cm2	210 Kg/cm2	116.90%
12	Espécimen 62	18/12/2018	15/01/2019	28	15.07 cm2	178.37 cm2	43330 Kg	242.93 Kg/cm2	210 Kg/cm2	115.68%
13	Espécimen 63	18/12/2018	15/01/2019	28	15.17 cm2	180.74 cm2	44214 Kg	244.62 Kg/cm2	210 Kg/cm2	116.49%
14	Espécimen 64	18/12/2018	15/01/2019	28	15.27 cm2	183.13 cm2	44879 Kg	245.06 Kg/cm2	210 Kg/cm2	116.70%
15	Espécimen 65	18/12/2018	15/01/2019	28	14.88 cm2	173.90 cm2	42362 Kg	243.60 Kg/cm2	210 Kg/cm2	116.00%

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Resistencia a la compresión en cilindros de concreto		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

Resultado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39 CONCRETO CON NANOSÍLICE 1.0%		

Item	Descripción	Fecha		Días	Diámetro	Área	Lectura del Dial	Resistencia obtenida	Resistencia diseño	Resistencia porcentaje
		Modelo	Rotura							
01	Espécimen 16	09/01/2019	16/01/2019	7	15.08 cm	178.60 cm ²	36444 Kg	204.05 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	97.17%
02	Espécimen 17	09/01/2019	16/01/2019	7	15.10 cm	179.08 cm ²	36913 Kg	206.13 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	98.16%
03	Espécimen 18	09/01/2019	16/01/2019	7	15.11 cm	179.32 cm ²	36634 Kg	204.30 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	97.29%
04	Espécimen 19	09/01/2019	16/01/2019	7	14.96 cm	175.77 cm ²	36098.00	205.37 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	97.79%
05	Espécimen 20	09/01/2019	16/01/2019	7	15.01 cm	176.95 cm ²	36458 Kg	206.04 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	98.11%
06	Espécimen 41	02/01/2019	16/01/2019	14	14.89 cm	174.13 cm ²	48026 Kg	275.80 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	131.33%
07	Espécimen 42	02/01/2019	16/01/2019	14	15.15 cm	180.27 cm ²	49468 Kg	274.42 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	130.67%
08	Espécimen 43	02/01/2019	16/01/2019	14	15.18 cm	180.98 cm ²	49787 Kg	275.09 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	131.00%
09	Espécimen 44	02/01/2019	16/01/2019	14	14.95 cm	175.54 cm ²	48078 Kg	273.89 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	130.42%
10	Espécimen 45	02/01/2019	16/01/2019	14	15.28 cm	183.37 cm ²	50637 Kg	276.14 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	131.50%
11	Espécimen 66	18/12/2018	15/01/2019	28	15.04 cm	177.66 cm ²	54989 Kg	309.52 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	147.39%
12	Espécimen 67	18/12/2018	15/01/2019	28	14.93 cm	175.07 cm ²	54073 Kg	308.87 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	147.08%
13	Espécimen 68	18/12/2018	15/01/2019	28	14.84 cm	172.96 cm ²	53315 Kg	308.24 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	146.78%
14	Espécimen 69	18/12/2018	15/01/2019	28	14.78 cm	171.57 cm ²	53180 Kg	309.96 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	147.60%
15	Espécimen 70	18/12/2018	15/01/2019	28	15.08 cm	178.60 cm ²	55542 Kg	310.98 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	148.08%

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - JULIACA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA - EP. INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y CONCRETO	
---	--	---

PROYECTO	: Influencia del uso del nanosilice en la resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018		
DETALLE	: Resistencia a la compresión en cilindros de concreto		
RESPONSABLE	: Bach. Ibeth Yuli Larico Mamani	ENCARGADO	
ASESOR	: Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	FECHA	

Resultado	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39 CONCRETO CON NANOSÍLICE 1.5%		

Item	Descripción	Fecha		Días	Diámetro	Área	Lectura del Dial	Resistencia obtenida	Resistencia diseño	Resistencia porcentaje
		Modelo	Rotura							
01	Espécimen 21	09/01/2019	16/01/2019	7	15.15 cm	180.27 cm ²	42275 Kg	234.51 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	111.67%
02	Espécimen 22	09/01/2019	16/01/2019	7	15.04 cm	177.66 cm ²	42251 Kg	237.82 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	113.25%
03	Espécimen 23	09/01/2019	16/01/2019	7	15.20 cm	181.46 cm ²	42813 Kg	235.94 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	112.35%
04	Espécimen 24	09/01/2019	16/01/2019	7	14.94 cm	175.30 cm ²	41784 Kg	238.35 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	113.50%
05	Espécimen 25	09/01/2019	16/01/2019	7	15.03 cm	177.42 cm ²	41541 Kg	234.14 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	111.49%
06	Espécimen 46	02/01/2019	16/01/2019	14	15.03 cm	177.42 cm ²	46721 Kg	263.33 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	125.40%
07	Espécimen 47	02/01/2019	16/01/2019	14	15.04 cm	177.66 cm ²	46415 Kg	261.26 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	124.41%
08	Espécimen 48	02/01/2019	16/01/2019	14	15.02 cm	177.19 cm ²	46948 Kg	264.96 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	126.17%
09	Espécimen 49	02/01/2019	16/01/2019	14	15.06 cm	178.13 cm ²	46470 Kg	260.88 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	124.23%
10	Espécimen 50	02/01/2019	16/01/2019	14	15.23 cm	182.18 cm ²	47682 Kg	261.74 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	124.64%
11	Espécimen 71	18/12/2018	15/01/2019	28	14.87 cm	173.66 cm ²	51786 Kg	298.20 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	142.00%
12	Espécimen 72	18/12/2018	15/01/2019	28	14.89 cm	174.13 cm ²	51514 Kg	295.83 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	140.87%
13	Espécimen 73	18/12/2018	15/01/2019	28	14.95 cm	175.54 cm ²	51584 Kg	293.86 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	139.93%
14	Espécimen 74	18/12/2018	15/01/2019	28	14.98 cm	176.24 cm ²	51274 Kg	290.93 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	138.54%
15	Espécimen 75	18/12/2018	15/01/2019	28	15.07 cm	178.37 cm ²	52423 Kg	293.90 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²	139.95%

Anexo D Certificados y constancias



GAIA Nanosílice

Adicionante a cementos para
concretos de altas prestaciones

Fecha de Emisión: Mar 10, 05
Revisión: 11
Fecha de Revisión: Ago 26, 16
Página 1 de 1

Descripción

GAIA Nanosílice es el primer adiconante base nanosílice generado durante 2004 por la sinergia Scitech Cognoscible / Ulmen.

Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nanopartículas de sílice en nanopartículas de cemento.

Aspectos Técnicos

Elimina el total de la sílice en polvo en cualquiera de sus alternativas, y también los superplastificantes, reduciendo al mínimo los reductores plastificantes.

Con GAIA Nanosílice se obtiene concretos de alto rendimiento : 70 MPa a R28.

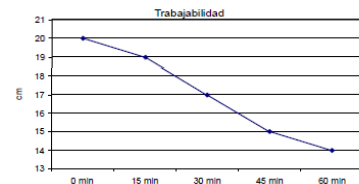
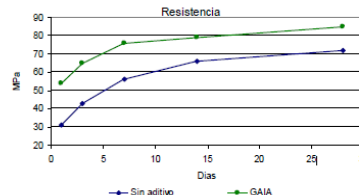
Ideal para concretos tipo "Fast Track", a usar dentro de las 24 horas posteriores al vaciado, con adecuadas dosificaciones, que permiten obtener hormigones impermeables según norma DIN 1048 o Nch 2262.

Propiedades

Consecuencia de la menor actividad operacional, menor flujo de material con la consiguiente reducción de inventario, y - - - es líquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008



H-70 con 1,5% de GAIA

Dosis

Se recomienda su uso en dosis de 0,5 a 3% en base al peso del cemento. Para dosis fuera de este rango, contacte al equipo técnico ULMEN.

Presentación

Bidón plástico de 230 Kg.
Contenedor retornable de 1.000 kg

Propiedades Físicas

Aspecto : Liq. Levemente viscoso.
Color : Blanco
Densidad : 1,032 ± 0,004 g/mL
pH : 5 ± 1
Viscosidad : 14 ± 1 (s) (C.Ford N°4)

Clasificación

Gaia Nanosilice no tiene clasificación normada, sin embargo cumple como aditivo superplastificante tipo F, según NCh 2182-2010

Lautaro # 2430 – Tel. (56-2) 28973468 – (56-2) 25952838 – La Pintana
Santiago – Chile

www.cognoscibletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl

Activar Windows
Vea la configuración para activar



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos

CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento de Control de Calidad de Industrias ULMEN S.A., certifica que el producto identificado a continuación cumple los requisitos de uniformidad indicados en la tabla 7 de la norma NCh 2182 of 95 fact/ ASTM C494. y con nuestros estándares de calidad.

Producto : GAIA
Lote : 13510818
Fabricado : 28/08/2018
Vence : 28/02/2019

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	$1,032 \pm 0,02$ (g/mL)	1,034
Viscosidad	13 ± 1 (segundos)	14
pH	5 ± 1	6

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenados en lugar fresco y protegido del sol, según recomendaciones por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001

Encargado control de Calidad
Indústrias Ulmen S.A.



www.ulmen.cl

ulmen@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA NANOSILICE

Fecha de Emisión: Sept 18, 15

Revisión:

Fecha de Revisión:

Página 1 de 2

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto	:	GAIA NANOSILICE
Clasificación	:	Aditivo para Concretos
Vida útil	:	6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado Por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001
Proveedor	:	INDUSTRIAS ULMEN S.A.
E-mail	:	atencionalcliente@ulmen.cl
Página Web	:	www.ulmen.cl
Fono Emergencia	:	(56 -2) 28543667

Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión

SECCION 2: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Nombre químico	:	Mezcla de sales de sodio y ácidos carboxílicos.
Fórmula química	:	Confidencial
Nº CAS	:	No aplica

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta	:	Rombo NFPA Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0) Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)
Riesgos	:	Ninguno
Peligros para la salud	:	Ninguno



SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos	:	Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico
Contacto con la piel	:	Lavar de inmediato con agua y jabón
Inhalación	:	Dar aire fresco si fuese necesario
Ingestión	:	Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes extintores	:	No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente
Protección especial	:	Ninguna
Proce. Especiales	:	No aplica
Riesgo explosión	:	No aplica

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia	:	Lavar con agua y trapear
Protección personal	:	Antiparras y guantes
Daños al ambiente	:	Ninguno, líquido inofensivo
Métodos de eliminación	:	Tratar como líquido inofensivo

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	:	Usar antiparras y guantes
Almacenamiento	:	Almacenar en lugar fresco y seco
Embalajes	:	Almacenar sólo en envase original

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas por exposición	:	No se requiere
Protección respiratoria	:	No se requiere
Protección de los ojos	:	Antiparras

www.cognoscibletechnologies.comwww.ulmen.clatencionalcliente@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA NANOSILICE

Fecha de Emisión: Sept 18, 15
Revisión:
Fecha de Revisión:
Página 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	:	Líquido
Color	:	Café Claro
Olor	:	Característico
pH	:	5 ± 1
Densidad a 20° C	:	1,032 ± 0,02 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford Nº4)	:	13 ± 2 seg.
Inflamación, Combustión, Explosión	:	No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad	:	Completamente soluble en agua

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	:	Estable bajo condiciones normales
Reactividad	:	Ninguna

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	:	Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud	:	Ninguno

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad	:	Estable
Persistencia/ degradabilidad	:	Los métodos para determinación de la biodegradabilidad No son aplicables a sustancias inorgánicas
Bio-acumulación	:	No aplica

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto	:	Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases	:	Depositar en vertedero autorizado según Legislación vigente

SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

NCh 2190	:	No aplica
Código NFPA	:	Salud: 1/ Inflam: 0/ React: 0/ Riesgo Especial: 0
Nº UN	:	No clasificado

SECCION 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables	:	ASTMC-494
Normas nacionales aplicables	:	Ley Nº 28256
Marca en etiqueta	:	Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con ley Nº 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi; Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

HACE CONSTAR

Que la Bachiller en Ingeniería Civil:

IBETH YULI LARICO MAMANI

Código universitario N° 200920496

Ha realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales para completar su trabajo de tesis denominado: **“Influencia del uso del nanosilice en el resistencia a la compresión del concreto simulando condiciones de curado en obra, en la ciudad de Juliaca - 2018”** con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos efectuados por la tesista fueron los siguientes:

- ✓ 02 Ensayos de Contenido de Humedad
- ✓ 02 Ensayos de Análisis Granulométrico
- ✓ 02 Ensayos de Peso Unitario
- ✓ 02 Ensayos de Peso Específico y absorción
- ✓ 75 Ensayos de Resistencia a la Compresión en Cilindros de Concreto

Los trabajos se realizaron en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales, llevándose a cabo desde el 06 de agosto del 2018 hasta el 16 de enero del 2019.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiani, 17 de junio del 2019



Herson Duberly Pari Cusi
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto
Jefe de Laboratorio

Anexo E Panel fotográfico

Fotografía 1 Cuarteo del agregado.



Fotografía 2 Ensayo granulométrico.



Fotografía 3 Ensayo granulométrico.



Fotografía 4 Ensayo del peso específico.



Fotografía 5 Ensayo peso específico del agregado fino.



Fotografía 6 Peso específico del agregado fino.



Fotografía 7 Ensayo del Peso unitario.



Fotografía 8 Peso unitario de los agregados.



Fotografía 9 Diseño de mezcla.



Fotografía 10 Ensayo del cono de Abrams.



Fotografía 11 Briquetas.



Fotografía 12 Rotura de briquetas.

